102

GRAĐEVINAR

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA

I TEHNIČARA N. R. HRVATSKE

SADRŽAJ

GOD. VI PROSINAC 1954 BROJ 6

»GRAĐEVINAR« IZLAZI U VEĆEM FORMATU 6 PUTA GODIŠNJE. — PRETPLATA na cijelu godinu iznosi Din 600.—, na pola godine Din 300.—, pojedini broj Din 100.—. Za poduzeća god. pretplata Din 900.—. Tekući račun kod Narodne banke FNRJ, filijale Zagreb br. 402-T-812. — Časopis izdaje: Društvo građevinskih inženjera i tehničara NRH. — Rukopisi se šalju uredništvu »Građevinara«, Zagreb, Berislavićeva ul. 6, telefon 33-325. — Uređuje redakcioni odbor, Katančićeva ul. 5. — DOPISE I ČLANKE treba uredništvu dostaviti u dva primjerka pisana strojem, u originalu i jednoj kopiji, pisano s razmakom između redaka. Pisati treba samo na jednoj stranici lista. Crteže i opise na njima treba izraditi crnim tušem na prozirnom ili glatkom bijelom papiru, tako da umanjeni na stranicu časopisa budu jasni i čitljivi. Pretanke crte, sitna slova i brojke ne smiju se upotrebljavati. Fotografije moraju biti jasne. Objavljeni radovi se honoriraju, rukopisi ne vraćaju.



GRAĐEVINAR

ČASOPIS DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA
I TEHNIČARA N. R. HRVATSKE

GLAVNI UREDNIK
ING. FRANJO SIMIĆ

GOD. VI 1954

GRAĐEVINAR

GOD. VI PROSINAC 1954 BROJ 6

PETROGRAFSKI SPEKTAR VUČENOG NANOSA U KORITU RIJEKE SAVE KOD ZAGREBA

L. Marić, D. Bogojević, V. Majer, Zagreb

Mineraloško-petrografski sastav vučenog nanosa nekog vodotoka od bitne je važnosti za upoznavanje mnogih komponenata cjelokupnog režima takvog vodotoka. Svaki vodotok ima naime svoj osebujan petrografski spektar vučenog nanosa, koji je ovisan od mineraloško-petrografskog sastava cijelog slivnog područja vodotoka. A upoznavanje takvog nanosa duž riječnog korita postaje bitnom komponentom cijelog uzdužnog profila vodotoka, kao i morfoloških odlika cijelog geološkog prostora, u kome se razvila mreža vodotoka.

Prema tome, mineraloško-petrografsko ispitivanje nanosa na više mjesta može dati preglednu sliku kretanja i prenošenja mineralnog i stjenovitog (kamenog) materijala, i omogućiti da izradimo t. zv. petrografski spektar nekog odsječka zasebno, kao i cijelog riječnog korita današnjeg vodotoka.

U ovome radu prikazat ćemo mineraloško-petrografsku prirodu nanosa rijeke Save na jednom mjestu kraj Zagreba. Rezultati mogu već poslužiti kao osnova daljih istraživanja.

Čvrste čestice — valutice, šljunak, pijesak i t. d. — mogu biti monomineralne i polimineralne. Koje su među njima podložene najčešćim promjenama u petrografskom spektru, i na kojoj dužini riječnog toka? Monomineralne mogu potjecati od vapnenjaka ili krečnjaka, dolomita, mramora, a polimineralne od raznovrsnih magmatskih intruzivnih i efuzivnih stijena, sedimentnih i metamorfnih stijena, ili kristalastih škriljaca. Tako, na pr., od granita, dijabaza kao vrlo rezistentnih magmatskih stijena; od dobro vezana (cementirana) kremenog i vapnenog pješčenjaka, ili mehanički neotporna lapora i bigra između sedimentnih stijena; napokon, od gnajsa, filitskog i zelenog škriljca kao manje ili više rezistentnih metamorfnih stijena. Na mnogo mjesta to su u velikoj mjeri minerali, kao što je kremen ili kvarc u njegovim raznim bojenim odlikama, zatim liskun ili tinjac (muskovit), zlatno žućkast listićast biotit, pa rjeđi minerali, kao što su titanit, granat, monacit, magnetit i t. d.

Za tu vrstu proučavanja objavio je Bavarski zemaljski aured za hidrologiju upute pod naslovom »Anleitung zur Vornahme von Geschiebeanalysen«, Ausgabe 1952. U poglavlju pod »B. Analyse nach Gesteinsarten« opisana je metoda za mineraloško-petrografsko ispitivanje pojedinih frakcija nakon granulometrijske analize.

Po tim uputama izvršili smo i mi istraživanja sedimenta rijeke Save kod Zagreba.

Materijal za ispitivanje

Uprava hidrometeorološke službe u Zagrebu poslala je ovome Zavodu preko »Laboratorija građevinarstva«, koji je izvršio granulometrijsku analizu, 14 frakcija, da ih podvrgnemo mineraloško-petrografskim istraživanjima.

Materijal je dostavljen u obliku frakcija, koje prikazuje tablica I.:

TABLICA I

Otvor sita	Sijano kg 10,00	Sijano kg 10,00	Srednja vrijednost kg	Prolazi u kg	Ostaci u %	Prolazi u %
	Ostaci na sitima					
100 mm						
80 mm				20,009		100,00
50 mm	0,600	0,269	0,869	19,140	4,35	95,70
30 mm	1,654	1,849	3,503	15,637	17,52	78,20
15 mm	3,444	3,098	6,542	9,095	32,67	45,50
10 mm	1,455	1,476	2,931	6,146	14,66	30,83
8 mm	0,555	0,646	1,201	4,963	6,01	24,82
5 mm	0,433	0,515	0,948	4,015	4,740	20,77
4 mm	0,656	0,698	1,354	2,661	6,770	13,32
2 mm	0,418	0,483	0,901	1,760	4,510	8,80
1 mm	0,272	0,324	0,596	1,164	2,980	5,82
Prolaz						
1	0,187	0,252	0,439	0,728	2,180	3,640
0,5	0,302	0,361	0,663	0,064	3,320	0,320
0 2	0,023	0,026	0,048	0,015	0,245	0,075
0,1	0,008	0,006	0,014	0,000	0,075	—
			20,009			

Taj materijal podvrgli smo, prema gornjim uputama, makroskopskom, mikroskopskom i kvantitativno-kemijskom ispitivanju.

Za ispitivanja uzeli smo po 1000 zrna iz odvagnute količine okruglo 20 gr frakcije 1—2 mm, 50 gr frakcije 2—3 mm i 200 gr frakcije 3—5 mm; zatim po 500 zrna iz odvagnute količine okruglo 350 gr frakcije 5—7 mm i 650 gr frakcije 7—10 mm. Od frakcije 10—20 mm, okruglo 1200 gr, uzeli smo 200 zrna, a od frakcije 20—30 mm, okruglo 4000 gr, 100 zrna. Od frakcija veličine zrna iznad 30 mm uzeli smo sva zrna.

Ispitivanje je izvršeno na vapnenjak ili krečnjak, kalcit, dolomit, kremen u raznim varijetetima, vapneni i kremeni pješčenjak eruptivne i metaformne stijene. Točnost mineraloško-petrografskih određivanja veća je u krupnozrnih nego u sitnozrnih frakcija.[1] To je i razumljivo, jer bi za sasvim točno određivanje i jednih i drugih frakcija bilo potrebno priređivati mikroskopske preparate zbog određivanja pojedinih komponenata u polarizacijskom mikroskopu. Da se međutim dobije odnos karbonatske prema silikatnoj komponenti u sedimentu, dovoljno je odrediti vapnenjak ili krečnjak s kalcitom, dolomit i mramor (vapneni pješčenjak je rjeđi sastojak!) na jednoj strani, i kremen, kremeni pješčenjak sa eruptivnim i metamorfnim silikatnim stijenama na drugoj strani. Taj odnos dobiva se i za frakcije manje od jednog milimetra preračunavanjem mineralnog sastava iz kvantitativnih kemijskih analiza finozrnih frakcija.

Takvim radom dobili smo podatke, koje prikazuje tablica II.

Četiri najsitnije frakcije, i to 1,0 do 0,5 mm, 0,5 do 0,2 mm, 0,2 do 0,1 mm i manje od 0,1 mm podvrgli smo kvantitativnoj kemijskoj analizi, jer je njihovo obrađivanje gornjom metodom (brojenjem zrna) nemoguće.

Rezultati kvantitativnih kemijskih naliza su ovi:

Tablica III.

		I frakcija	II frakcija	III frakcija	IV frakcija
		1,0—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	< 0,1 mm
Netopiv ostatak	SiO_2	66,4%	63,4%	42,2%	38,2%
	R_2O_3	10,7	10,3	8,1	8,8
Topiv	R_2O_3	1,6	1,4	1,7	2,6
	CaO	6,7	10,7	17,4	16,3
	MgO	0,8	2,0	4,8	5,9
	H_2O-110°	1,0	0,2	0,6	1,5
	Gub. žar.	12,0	13,1	24,5	26,5
		99,2%	101,1%	99,3%	99,8%
Ugljen		10,1%	2,5%	4,5%	6,5%

Tablica II. Frakcije po mineraloškoj i petrografskoj vrsti, promjeru zrna, broju zrna u pojedinoj frakciji i težini svake frakcije u gramima.

Promjer zrna mm	Broj zrna		Vrst mineraloško-petrografskog materijala									
			Vapnenjak (krečnjak)		Dolomit		Kremen (kvarc)		Pješče- + krist. škriljac		Ugljen	
			Određivanje sa HCl (1:1)									
	Broj zrna	Tež. gr	Br. zrna	Tež. gr	Br. zrna	Tež. gr	Br. zrna	Tež. gr	Br. zrna	Tež. gr	Br. zrna	Tež. gr
1	2	2a	3	3a	4	4a	5	5a	6	6a	7	7a
1	1000	0.216	41	0.018	15	0,006	591	0.117	209	0,048	144	0.027
1	1000	2.159	96	0,286	39	0.143	278	0,628	229	0,586	356	0,516
2	1000	34.42	267	12,00	98	4.14	130	3.88	320	12.00	185	2,40
4	1000	160.05	413	75.70	120	19.60	69	9.55	373	54.10	24	1,10
5	1000	491.0	501	253	133	65.0	83	36,0	267	125.0	9	12.0
8	500	421,5	284	238.0	67	62,1	35	31,0	112	90.2	1	0.2
10	500	1019,2	297	613,4	46	103,0	21	35.7	132	266,0	4	1,1
15	200	1801,6	136	1234,0	12	122,4	8	45,2	44	400,0	—	—
30	69	3466,2	41	1941,0	4	164,0	2	84,2	22	1277,0	—	—
50	5	867.0	3	618,0	—	—	—	—	2	249,0	—	—

[1] Rad na makroskopskom i mikroskopskom određivanju pojedinih frakcija (pomoću binokularnog mikroskopa) dugotrajan je, jer se mora pojedinačno ispitati 5000 zrna frakcija manjih od 5 mm, zatim po 500 zrna frakcija od 5—10 mm, i gotovo sva zrna veća od 15 mm.

Preračunavanjem iz analiza dobili smo ovaj mineralni sastav:

Tablica IV.

	I frakcija	II frakcija	III frakcija	IV frakcija
	1,0—0,5 mm	0,5—0,2 mm	0,2—0,1 mm	< 0,1 mm
Kremen, glinena supstancija i druge silikatne komponente, Fe-oksidi	72,5%	73,4%	51,0%	47,0%
Vapnenjak	9,9	14,1	19,3	14,4
Dolomit	3,7	9,2	21,8	27,1
Ugljen	10,1	2,5	4,5	6.5
Limonit	2,0	1,7	2,1	3,3
Vlaga	1,1	0,2	0,6	1,5
	99,2%	101,1%	99,3%	99,8%

SiO_2 je pretežno kao individualiziran kremen ili kvarc u raznim odlikama i kao sastavak kremenog pješčenjaka; u glini je vezan.

Za okside uzeli smo: $R_2O_3 = Al_2O_3 + Fe_2O_3 + TiO_2$. Netopljivi R_2O_3 je pretežno Al_2O_3, a topljivi je pretežno Fe_2O_3. Oksidi CaO i MgO nalaze se u vapnenjaku ili krečnjaku i dolomitu, a tek neznatno u pješčenjacima i u pepelu ugljena. MgO može, dakako, biti i sastavni dio nekih silikatnih minerala u kristalastim škriljcima, na pr., u zrnima zelenog škriljca, diabaza, amfibolita i drugih.

Posebno mjesto u svim frakcijama zauzima ugljen. Ta komponenta u savremenim nanosima rijeke Save potječe iz ugljenokopa Trbovlje. Pranjem ugljena ostaje naime osjetljiva količina ugljenih čestica u vodi, i ona ih donosi i odlaže u koritu rijeke Save do Zagreba i dalje. U frakcijama većim od 1 mm mogli smo ugljen izdvojiti, kao i ostale komponente, brojenjem zrna. U frakcijama manjim od jednog mm odvajali smo ugljen od drugih čestica pomoću ugljičnog tetraklorida specifične težine 1,6. Najposlije, odjelili smo i teške minerale pomoću smjese metilenskog jodida i benzola specifične težine 3,0. Napominjemo, da smo naišli i na nekoliko zrna šljake, možda od ugrađene šljake iz visokih talioničkih peći u objekte negdje u blizini ili u koritu rijeke Save, u njezinom gornjem toku.

Oblik zrna je angularan, subangularan i zaobljen (Pettijohn 1949). Zrna kremena ili kvarca i vapnenjaka ili krečnjaka su gotovo u svim frakcijama zaobljena. To je u skladu s njihovom homogenom strukturnom građom. Zrna pješčenjaka su angularna i subangularna, ponekad i pločasta. Muskovit je listićast. Čestice ugljena su pločaste i nepravilne.

Frakcije manje od 1 mm istražene su mikroskopski, i to cjelokupne, u neotopljenom ostatku u klorovodičnoj kiselini (HCl 1 : 1), i teške frakcije specifične težine veće od 3,0.

U mikroskopskim preparatima od cjelokupnih frakcija nalazimo dosta individualizirana kremena ili kvarca, koji je čist, homogen, i potamni što jednolično što undulozno. Očigledno je, da je taj kremen ili kvarc dvovrsnog porijekla, iz stijena koje nisu bile izložene geodinamskim pokretima, i iz stijena koje su bile zahvaćene takvim pokretima. Zatim jedan kiseli glinenac ili feldspat s očuvanom izrazitom kalavosti ili cjepivosti, koja je sačuvana u najsvježijem srednjem dijelu kristala. Najviše pak ima odlomaka psamitske stijene, kremenog pješčenjaka sa zrnima kremena bijele i crvenkastožute boje do željeznog hidroksida. Zatim koje zrno »Cherta« radijalno vlaknaste strukture i agregatnog potamnjenja. Mnogo ima mikrozrnaste karbonatske stijene, gusta sastava i gotovo bez tuđih mineralnih primjesa. Napokon više zrna eruptivne stijene porfirske strukture. Polisintetski sraslaci plagioklasa su mjestimično sasvim svježe očuvani. Bojenih minerala svježih nema, ali zaostalo je u njihovim konturama dosta karbonatske i kloritske supstancije. Vjerojatno je, da su to zrna neke bazične eruptivne efuzivne stijene iz skupine dijabaza s ofitskom strukturom.

U netopljivom ostatku nalazimo sve gore spomenute mineralne sastavke osim karbonatskih stijena.

U teškoj frakciji specifične težine veće od 3,0 ima relativno najviše siderita, zatim nekoliko zrna vrlo nepravilnog oblika crna opaka minerala, vjerojatno limonitizirana magnetita i nekoliko žutocrveno bojenih zrna, koja strukturom podsjećaju na eruptivne efuzivne stijene. Vjerojatno je to rastrošeni ostatak dijabaza, u kome je bilo dosta pirita.

Na osnovi podataka iz tablice II. preračunali smo procentualne količine pojedine komponente, uzevši kremeni pješčenjak i kristalaste škriljce sa eruptivnim stijenama zajedno, jer ih je gotovo nemoguće sigurno razlikovati u najsitnijim frakcijama.

Tako smo u frakciji promjera 50 mm odvojili pod komponentom kremeni pješčenjak + silikatne stijene tek jednu valuticu jako rastrošene efuzivne stijene, koja habitom nalikuje andezitima. Sigurno je, međutim, da bi našli i valutica koje druge silikatne stijene, da je bilo u frakciji više valutica.

U frakciji promjera 30 mm odvojili smo pod komponentom kremeni pješčenjak + kristalasti škriljci oko 1/5 zrna eruptivnih stijena, zatim oko 2/5 zrna kvarcita, kvarcnog škriljca, gnajsa i, napokon, 3/5 crvenkastog i sivog kremenog pješčenjaka.

U frakciji promjera 15 mm našli smo pretežno kremeni pješčenjak i kvarcit, te nekoliko zrna tamne afanitske stijene, dijabaza ili melafira.

Isto takve komponente našli smo i u frakciji promjera zrna 10 mm.

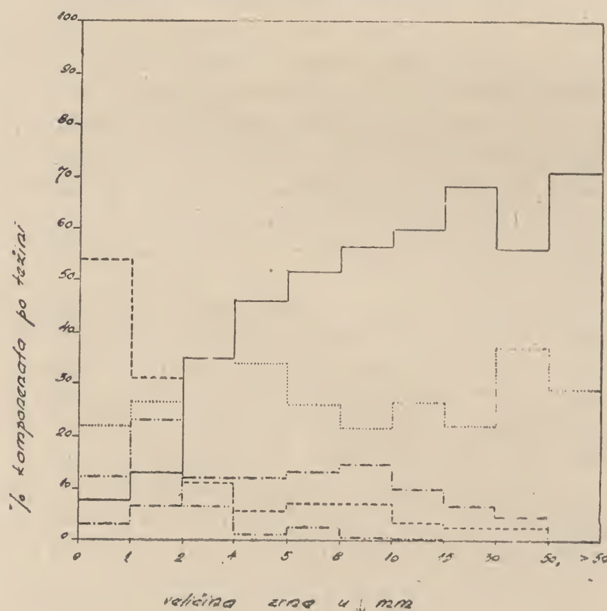
Podatke preračunavanja procentualnih količina pojedine komponente po veličini zrna i težini donosimo u tablici V.

Na osnovi podataka iz ove tablice unijeli smo u koordinatni sistem na apscisu veličine zrna u mm, a na ordinatu težinu u procentima, da petrografsku

Tablica V. Procentualne količine pojedine komponente po promjeru u mm, broju i težini zrna.

Promjer zrna mm	% pojedine komponente ($8 = \frac{3}{2}$; $8a = \frac{3a}{2a}$; $9 = \frac{4}{2}$; $9a = \frac{4a}{2a}$ i t. d.)										Karbon. komp. / Silik. komp.	Primjedba
	Vapnenjak (krečnjak)		Dolomit		Kremen (kvarc)		Pješćenjak + krist. škrilj.		Ugljen			
	Broj zrna	Tež. g	Broj zrna	Tež. g	Broj zrna	Tež. g	Broj zrna	Tež. g	Broj zrna	Tež. g		
	8	8a	9	9a	10	10a	11	11a	12	12a	$13 = \frac{3+4}{5+6+}$	
					Kremen + pješčenjak + krist.-škriljac							
1	4,1	8,3	1,5	2,8	59,1	54,1	20,9	22,2	14,5	12,5	0,07	Čestica ugljena ima najviše u veličin. zrna 1—2 mm. Od 4 mm na više ima ih sve manje.
1	9,6	13,0	3,9	6,6	27,8	29,0	22,9	27,1	35,6	23,8	0,26	
2	26,7	34,9	9,8	12,6	13,0	11,3	32,0	34,9	18,5	7,0	0,81	
4	41,3	47,3	12,0	12,2	6,9	5,9	37,3	33,8	2,4	0,7	1,20	
5	50,1	51,3	13,3	13,2	8,3	7,5	26,7	25,4	0,9	2,4	1,81	
8	57,0	56,5	13,4	14,8	7,0	7,4	22,4	21,4	0,2	0,5	2,38	
10	59,4	60,2	9,2	10,1	4,2	3,5	26,4	26,1	0,8	0,1	2,77	
15	68,0	68,5	6,0	6,8	4,0	2,5	22,0	22,2	—	—	2,84	
30	59,0	56,0	6,0	4,7	3,0	2,1	32,0	36,8	—	—	1,87	
50	60,1	71,0	—	—	—	—	40,0	29,0	—	—	1,50	

Tablica VI. Petrografska analiza pijeska s obzirom na težinu pojedinih komponenata u %.



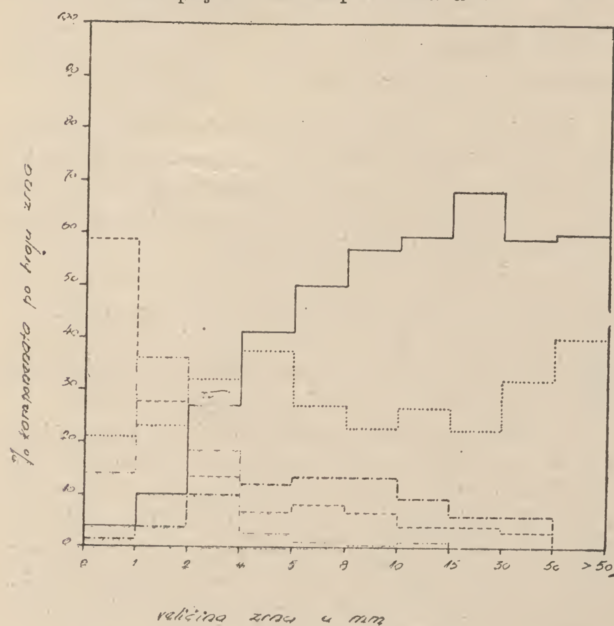
analizu ovoga sedimenta iz korita Save izrazimo težinski i brojem zrna (t. zv. piramidski dijagrami).

Iz dijagrama tablice VI vidimo, da vapnenjak ili krečnjak s povećanjem zrna raste gotovo bez prekida. To isto zapažamo i iz tablice VII, koja prikazuje dijagram u kome je također na apscisi unesena veličina zrna u mm, dok je na ordinati broj zrna pojedine komponente u procentima. Dolomita ima manje u najsitnijim i najkrupnijim frakcijama, a više u frakcijama srednje veličine zrna, od 2 do 15 mm. Kremen ili kvarc raste i težinom i brojem zrna umanjivanjem veličine zrna. Kremeni pješčenjak + kristalasti škriljci održava se u svim frakcijama i težinom i procentom broja zrna između okruglo 20—40%.

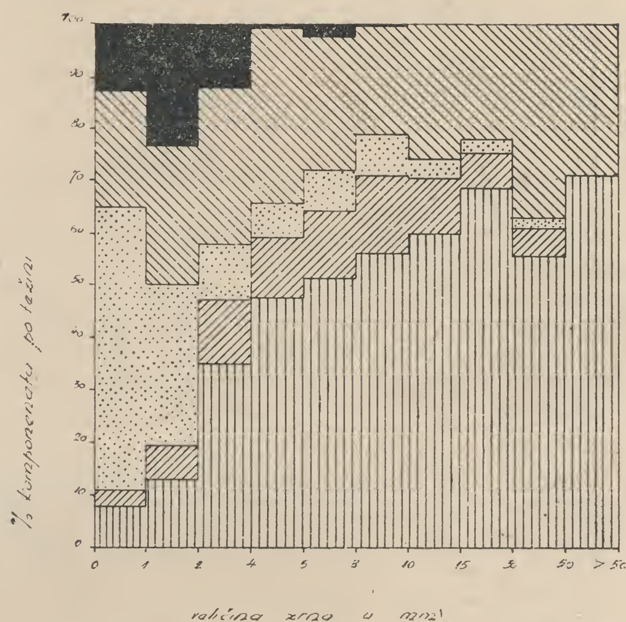
U tablici V nalaze se podaci i za odnos karbonatske prema silikatnoj komponenti. Taj odnos je približno između 2—4 mm promjera zrna = 1. S povećanjem promjera zrna približno do veličine 15 mm raste odnos karbonatske prema silikatnoj komponenti gotovo do 3, odakle opet počinje da pada. Dakle, u ovom uzorku savskog sedimenta nalazimo u frakcijama ispod veličine zrna 4 mm više od 50% silikatne komponente po težini, a više od 60% po broju zrna. Iznad veličine 4 mm je odnos karbonatne i silikatne komponente gotovo 3 : 2.

Zanimljiva je pojava ugljena u ovom uzorku savskog sedimenta. I po težini i po broju zrna nalazimo ga između 10—35% u frakcijama ispod 4

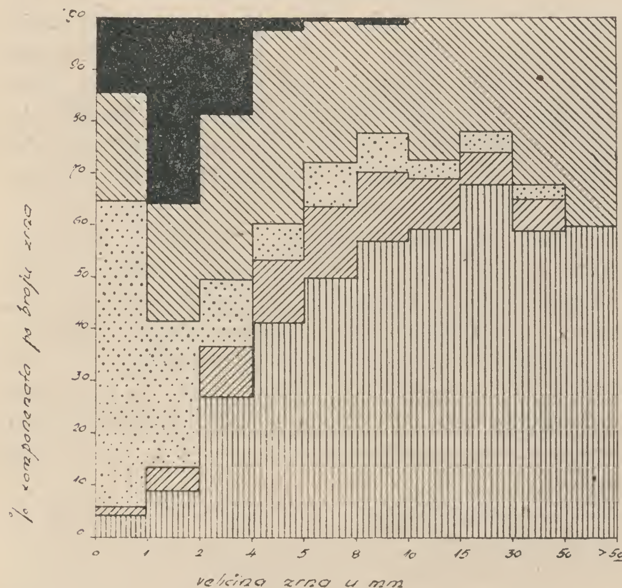
Tablica VII. Petrografska analiza s obzirom na broj zrna pojedinih komponenata u %.



Tablica VIII. Petrografski spektar s obzirom na težinu pojedinih komponenata.



Tablica IX. Petrografski spektar s obzirom na broj zrna pojedinih komponenata.



mm veličine zrna. Pitanje intenziteta i ekstenziteta ugljena, kao i ostalih, karbonatskih i silikatnih, komponenata u cijelom profilu savskog sedimenta, na koje može dati odgovor samo petrografski spektar okomito na savremeno korito Save i duž korita na nekom odstojanju, ostaje otvoreno.

Napokon, u dijagramima na tablicama VIII i IX prikazan je petrografski spektar riječnog sedimenta Save na mjestu gdje su uzeti uzorci, obzirom na procentualne količine komponenata po težini, po broju i veličini zrna u mm.

Po težini zrna ima ih od karbonatskih minerala i stijena oko 55%, kremena i silikatnih stijena oko 40% i ugljena oko 5%.

Po broju zrna ima ih od karbonatskih minerala i stijena oko 51%, od kremena i silikatnih stijena oko 42% i od ugljena oko 7%.

Mineraloško-geološki zavod, Tehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu i petrografski odjel Laboratorija građevinarstva u Zagrebu.

HIDROELEKTRANA PERUČA

Ing. **Luka Mladineo** i ing. **Boris Pavlin**, Zagreb

1. Uvod

Stalni deficit u proizvodnji električne energije, sve veće potrebe i sve strožija ograničenja su neposredno poslije oslobođenja jasno ukazivali na ozbiljne slabosti energetskog sistema srednje Dalmacije. Taj sistem, koji još ni danas nije čvršće povezan s ostalim energetskim sistemima, upućen je prvenstveno na varijabilnu produkciju hidroelektrane Kraljevac, koje snaga u sušnim periodama pada na svega 10% kapaciteta (instalirano je 60 MW).

Proizvodnja energije, koja ovisi o jednostranom karakteru vodnog režima Dinarskih planina, što znači dosta vode u zimskim a malo u ljetnim mjesecima, ne može zadovoljiti više manje ujednačenu potrošnju sistema s jakom elektrokemijskom i elektrometalurškom industrijom. Povezivanje sa susjednim sistemima ne mijenja situaciju što se tiče ljetnih manjkova. Kod nas samo Drava pripada inverznom sistemu ljetnih velikih voda. Međutim, njen je kapacitet premalen da izravna sve ostale izvore hidroenergije zapadnog dijela Jugoslavije, a s druge strane, ona je smještena periferno, pa je udaljenost do dalmatinskog konzumnog područja prevelika. Prema tome je važno, da se u samoj Dalmaciji stvori takva akumulacija, koja će bar donekle izravnati produkciju tamošnjih hidroelektrana.

U vrijeme kad se po prvi put počelo raspravljati o akumulaciji na Cetini, god. 1947, mislilo se u prvom redu na izravnanje voda za postojeću hidroelektranu Kraljevac. Međutim, jasno je da će jednom izvedena akumulacija omogućiti racionalno korištenje ukupnog kapaciteta Cetine, koji dosada samo djelomično koristi HE Kraljevac.

Za ilustraciju energetske situacije Dalmacije dat ćemo neke podatke:*

Potrebe energije Dalmacije	Potrošnja miliona kWh	Maks. opterećenje MW
godine 1956	986	163
„ 1960	1240	198

Predvidivi manjkovi dalmatinskog sistema	Manjak proizvodnje u milionima kWh	Manjak snage u MW
godine 1956	320	100
„ 1960	248	60

* Podaci Instituta za elektroprivredu Zagreb.

Kod toga je uzeto: za 1956 god. današnje stanje, uz pretpostavku da HE Manojlovac radi punim kapacitetom po završenoj rekonstrukciji, a za 1960 god., da se osim postojećih elektrana završe i puste u pogon HE Peruča i HE Jaruga.

2. Energetske mogućnosti Cetine

Cetina je po svom energetskom potencijalu naš drugi najsnažniji vodotok Jadranskog sliva.

Ukupni potencijal užeg područja Cetine iznosi preko 2 milijarde kWh moguće proizvodnje. (Proizvodnja FNRJ 1953 g. iznosila je oko 3 milijarde kWh). Korištenjem voda sa viših krških polja (Livanjsko, Duvanjsko, Glamočko polje i t. d.), kojih se derivacija može ostvariti samo u smjeru Cetine i mora, ukupna količina moguće proizvodnje penje se na blizu 4 milijarde kWh.

Smještena neposredno uz jako konzumno područje Dalmacije, a centralno u odnosu na uzdužnu os naše zemlje, Cetina će imat važan udio u snabdijevanju naše države električnom energijom.

S druge strane, ako naše rijeke svrstamo redom prema veličini moguće neto produkcije energije, Cetina se nalazi na šestom mjestu, iza Drine, Dunava, Drave, Neretve i Morave.* Ako se izuzme od svih ovih rijeka Drava, Cetina leži najzapadnije, pa prema tome treba da u povezivanju različitih hidroloških režima Srednje Evrope i Dinarskog spleta odigra odlučnu ulogu. (Drava, koja pripada alpskom hidrološkom režimu, ne može mnogo značiti u kompenzaciji s tim istim sistemom.) Ne treba sumnjati da će u skoroj budućnosti doći do povezivanja tih dvaju sistema.

Postojeća hidroelektrana Kraljevac (kod Zadvarja, vidi sliku 1) koristi svega jednu trećinu raspoloživog pada Cetine, koji je koncentriran na potezu od Trilja do ušća u more. Kako rijeka na tom mjestu skreće u oštrom zavoju skoro za 180 stupnjeva, nameće se rješenje, koje presjecanjem tog zavoja cca 10 km dugačkim dovodom iskorištava ukupni pad od oko 300 m. To je buduća HE Split.

3. Ostale privredne grane

Ostvarenje jednog hidroenergetskog objekta često se kosi s ostalim privrednim granama, u prvom redu s poljoprivredom i saobraćajem. Cetina predstavlja idealan slučaj, kod kojeg do te kolizije ne dolazi: poljoprivreda nedavno odvodnjenog Sinj-

* Podaci Hidrotehničkog Instituta SAN »Ing. Jaroslav Černi« Beograd.

skog polja kronično pati od suše u ljetnom periodu i hitno traži stvaranje akumulacije u dolini Cetine; jedina važnija saobraćajnica, koja kod ostvarenja akumulacije Peruča treba da bude preložena, jeste cesta Sinj—Vrlika na dužini od 20 km; derivaci- vodnjavati vodom iz akumulacije* takav je, da se stvaranje akumulacije može opravdati i samo s poljoprivrednog gledišta. To više, što se veći dio površine Hrvatačkog i Sinjskog polja može navodnjavati gravitacijom.



Sl. 1. Opća situacija Cetine s jezerom Peruča

jom vode u kanjonskom dijelu rijeke nizvodno od Trilja ostaje dugačak potez korita djelomično bez vode, no bez bitnog utjecaja na siromašnu privredu tog krševitog kraja.

Jasno je, da akumulirana voda potapa izvjesne površine obradivog zemljišta. Međutim, odnos potopljenih površina prema onima koje se mogu na-

Energetski ekvivalent vode, koja će se utrošiti za navodnjavanje, iznosi 50 miliona kWh ili svega 2,5% energetskog potencijala vodotoka.

* Prema projektu Hidroprojekta Zagreb ukupna površina koja će se natapati iznosi 6 500 ha.

Akumulaciono jezero Peruča potapa oko 1 200 ha obradive površine.

4. Mogućnosti akumulacije

Najidealnije bi bilo, ako bi se akumulacioni basen mogao ostvariti neposredno uz zahvat, kojim se voda odvodi glavnoj stepenici, t. j. nešto nizvodno od Trilja.

Morfološki i geološki uslovi nisu takvi, da bi dopustili stvaranje upornog jezera na tome mjestu. Prva varijanta za akumulacioni basen bila je usporavanje vode kod Obrovca u tjesnacu između Hrvatačkog i Sinjskog polja. Tu se može stvaranjem dosta niske pregrade postići znatna akumulacija, ali uz potapanje i cijelog Hrvatačkog polja.

Usprkos povoljnijim geološkim izgledima, već u početku se odustalo od varijante Obrovac kao nepodesne s obzirom na potapanje dodatnih 2 500 ha obradivog zemljišta i s obzirom na potrebu preseljenja oko 5 000 žitelja.

Ostalo je da se pregrađivanje izvede uzvodno od Hrvatačkog polja, i to u tjesnacu koji dijeli Hrvatačko od Ribarićkog polja, nešto nizvodno od vrela Peruče. Tako će se akumulacija za buduću hidroelektranu Split (za koju strojarnica treba da bude kod Omiša) nalaziti oko 30 km uzvodno od zahvata vode.

S obzirom na mogućnost, da se na mjestu zahvata može ostvariti manji kompenzacioni basen za izravnanje dnevnih i sedmičnih protoka, tako udaljena ili daljinska akumulacija ne bi sama po sebi predstavljala veći nedostatak postrojenja Split. Cetina, međutim, prima veći dio voda s jakih krških vrela uzduž svog toka. Dok je srednji godišnji protok kod Trilja 113 m^3/s, kod Panja, koji se nalazi nešto ispod pregradnog mjesta Peruče, on iznosi svega 64 m^3/s. Drugim riječima, to znači, da se akumulacijom Peruča može direktno izravnati tek nešto više od 50% voda Cetine.

5. Akumulacija u kršu

Spomenuti tjesnac između Ribaričkog i Hrvatačkog polja nalazi se u krednim vapnencima. Isto tako, najveći dio potopljenih površina građen je od istih stijena, u kojima se najlakše razvijaju kršni fenomeni. Iako u tom području doline Cetine nisu u tolikoj mjeri razvijene pojave koje karakteriziraju krš, ne može se nijekati, da se radi o akumulaciji u kršu.

Poteškoće spojene sa stvaranjem umjetnih akumulacija u kršu su naravno vrlo velike, ali treba stalno imati u vidu, da se ne može riješiti pitanje elektrifikacije naše zemlje a da se ne koriste krške rijeke, koje daju više od 40% energetskog potencijala, kao i to da naročiti uslovi i suvremena tehnička sredstva mogu ekonomično ostvariti ono što se ranije činilo neostvarivim.

Svakako osnovni problem akumulacije Peruče, ostaje problem krša, drugim riječima izvedba akumulacije u propusnom materijalu.

6. Geološki pregled*

Područje sliva Cetine izgrađeno je najvećim dijelom od vapnenca i dolomita Krede, Jure i Triasa. Osnovna podloga tih stijena su donjotriaski werfenski škriljevci, koji se poput nepropusnog zastirača protežu ispod cijelog promatranog područja.

U slivu Krke, pored gornjeg toka njene pritoke Butišnice, te naslage izbijaju na površinu u vidu prostrane zone, koja se veže na vododjelnicu jadranskog i crnomorskog sliva.

Dalje jugoistočno, uzduž Kninskog, Kosovog i Petrovog Polja u slivu Krke, Čikole i njene pritoke Vrbe, werfenske naslage izbijaju na površinu u obliku niza tektonskih prodora. U produžetku te linije od Vrbe do Hrvatačkog Polja nalazi se prostrani pojas werfenskih naslaga, zakriljujući jugozapadni rub planine Svilaje, koja dijeli dolinu Cetine od susjednih nižih polja. Jugoistočno odavle pa sve do blizu korita Cetine, werfenski izdanci nižu se uz granicu Sinjskog i Hrvatačkog Polja.

S lijeve strane Cetine werfenske naslage se javljaju na površini kod sela Jabuke. Taj werfenski izdanak markira graničnu barijeru, koja zagađeno područje gornjeg toka Cetine, gdje nema tragova poniranja, dijeli od nizvodnog, u kojemu ima i estavela i ponora.

Jadransko-crnomorska barijera i pojas werfenskih škriljevaca, koji se na nju nadovezuje u gornjem dijelu sliva Butišnice, kao i pojas od Vrbe do Hrvatačkog Polja od istih naslaga viši je od uspora razmatrane akumulacije. Na tim potezima zajamčena je sigurnost protiv gubljenja vode iz doline Cetine u drugi sliv nakon izvedbe predviđenog uspora. Međutim, na području Kninskog, Kosovog i Petrovog Polja werfenski škriljevci su nešto niži od doline Cetine, pa oni sami ne daju to jamstvo.

Planina Svilaja, koja dijeli dolinu Cetine od navedenih polja, sastoji se najvećim dijelom od dolomita i vapnenaca Triasa, Jure i Krede, koji leže na opisanom werfenskom nepropusnom zastiraču.

Među nabrojenim stijenama, koje izgrađuju Svilaju, velika propusnost i karstifikacija je vezana uglavnom uz kredne vapnence, i to naročito gornjokredne.

Geološka istraživanja su pokazala, da stijene koje leže ispod krednih vapnenaca, počevši od donjokrednih dolomita pa zaključno do werfenskih škriljevaca, praktički nisu propusni i predstavljaju dovoljno visoku barijeru, koja do kraja zatvara preostali razmatrani prostor. Hidrogeološka istraživanja su dopunila i potvrdila gornje studije.

Sama akumulacija najvećim dijelom leži na krednim vapnencima, koji se nastavljaju na donjokredne dolomite.

Pregradno mjesto je također u krednim vapnencima znatne propusnosti.

* Iscrpni i dokumentirani prikaz geoloških uslova i izvršenih radova zahtijevao bi poseban i opširan članak.

Na osnovu gornjeg izlaganja zaključujemo, da postoji mogućnost gubljenja vode samo oko pregradnog mjesta, s tim da se ta procjedna voda mora vratiti u Cetinu na potezu između pregrade i naprijed navedene barijere na Sinjskom Polju (koja zagaćuje uzvodni dio doline Cetine).

Opasnost od gubljenja vode u drugi sliv prema tome ne postoji.

Po poprečnim lomovima kroz dolomite donje krede (koji obuhvaćaju kredne vapnence, u kojima će ležati akumulacija) na lijevom se boku Cetine probija čitav niz jakih krških vrela. Razmotrit ćemo njihov odnos prema akumulaciji.

Krška vrela na Paškom Polju, među kojima se nalazi i samo vrelo Cetine, leže dvadesetak metara više od usporne kote, te svojim postojanjem potvrđuju pouzdanost terena najuzvodnijeg područja jezera.

Nakon punjenja jezera doći će pod hidrostatski tlak dio spomenutih krških vrela, od kojih su najbliže pregradi Dabar (kota 342) i Peruča (kota 325). Nekoliko kilometara nizvodno od brane, također lijevo od Cetine, nalazi se skupina jakih vrela: Suhi, Mali i Veliki Rumin i Malin. U toku hidrogeoloških studija tog terena trebalo je objasniti odnose usporenih vrela i onih koja ostaju nizvodno, s obzirom na mogućnosti njihove povezanosti. Bitno je bilo da se ustanovi, da li može doći do takvih gubitaka koji bi ugrozili ekonomičnost akumulacije.

Kod tih studija razmatrani su podzemni vodostaji u pozadini vrela, položaj vrela kao i promjena izdašnosti vrela u ovisnosti o promjeni hidrološkog stanja u njihovoj pozadini.

Ispitivanje bojenjem je pokazalo, da u skupini vrela Rumin postoje tri izdvojena podzemna sistema tečenja, koja međusobno ne komuniciraju. Suhi i Mali Rumin pripadaju jednom, Veliki Rumin pripada drugom a Malin pripada trećem sistemu. Ukoliko uopće postoje podzemne veze između vrela, koja dolaze pod uspor s vrelima nizvodno od brane, povezanost je moguća samo s prvom skupinom vrela (Suhi i Mali Rumin). Eventualni gubici mogu nastati jedino preko Malog Rumina, pošto se Suhi Rumin nalazi na istoj koti kao i jezero.

Na osnovu tih studija gubici preko ovog vrela, ukoliko ono uopće komunicira s vrelima koja dolaze pod uspor, mogu iznositi tek manji dio njegovog maksimalnog protoka, koji iznosi cca 6 m³/s a da pritom ne postoji opasnost od proširenja te nedokazane komunikacije. Prema tome radi se o



Sl. 2. Situacija pregrade i injekcione zavjese s izohidrohipsama podzemne vode

gubicima koji ne ugrožavaju svrsishodnost i ekonomičnost akumulacije, naročito s obzirom na to što je zadatak akumulacije da vrši izravnanje protoka prvenstveno za glavnu nizvodnu stepenicu, koja, koristeći pad od Sinjskog Polja do mora, daje 9/10 ukupne raspoložive energije Cetine.

7. Istražni radovi i injekciona zavjesa

Geologija je objasnila osnovne probleme akumulacije Peruče i pokazala, da se daljnja istraživanja mogu koncentrirati na relativno ograničeno područje oko same pregrade. Na taj je način rješavanje problematike iz ruku geologa prešlo u ruke inženjera, koji uz daljnju suradnju geologa i na osnovu njegovih postavaka treba da riješi pitanje tehničke izvodivosti objekta.

Polazeći od konstatacije, da se voda iz akumulacije može gubiti samo u smjeru toka rijeke, s tim da se ponovno vrati u njeno korito, trebalo je proučiti pitanje radova, koji će se primijeniti, da se spriječe gubici koji bi ugrozili ekonomičnost akumulacije.

Kao osnovno postavilo se pitanje opsega injekcione zavjese i njenog protezanja u dubinu i širinu. U toku od preko 3 godine, koliko su trajali istražni radovi za taj objekat, pribjeglo se svim poznatim i primjenljivim načinima istraživanja, od kopanja zasjeka i relativno dugačkih istražnih tunela, do ispitivanja metodama geoelektrike.

Ne može se tvrditi, da su sve primijenjene metode dale upotrebljive i vrijedne rezultate, ali su u svakom slučaju dopustile da se stvore zaključci o mogućnosti primjene pojedinih metoda kod istraživanja sličnih terena.

Da bismo dali približnu sliku o opsegu istraživanja, navodimo neke cifre o količini istražnih radova:

bušenja oko 14 000 m,
od toga sa ispitivanjem propusnosti za vodu oko 10 000 m,
kopanje istražnih tunela i okana oko 350 m,
pokusno injektiranje oko 2 000 m.

Paralelno s terenskim istražnim radovima tekla su laboratorijska ispitivanja na pogodnim injekcionim smjesama za injektiranje danog terena.

Sam teren, jednostavan po svojoj stratigrafskoj i petrografskoj građi, a kompliciran po uslovima podzemne hidrografije, nije kod određivanja trase injekcione zavjese dopustio nikakvih šablonskih zahvata, kao što je priključivanje na neki nepropusni strat. I u dubini ispod pregrade i daleko u bokovima nalazi se dolomit, koji u danim uslovima možemo smatrati nepropusnim, ali na udaljenostima koje su van domašaja našim sredstvima.

Trebalo je za priključivanje zavjese naći zone manje propusnosti, odrediti glavne smjerove podzemnih tokova, kojih ima i ovdje, iako u manjoj mjeri, ograničiti zone opasne za gubljenje vode i t. d.

Opažanjem podzemnih vodostaja u za to opremljenim bušotinama, bojadisanjem podzemnih tokova i ispitivanjem propusnosti za vodu, mogao se dobiti uvid u odnose podzemne vode i krških podzemnih komunikacija, kao i u ovisnost između propusnosti za vodu i tektonskih lomova. Upoznavanjem tih elemenata mogla se odrediti konačno lokacija same pregrade i potrebne nepropusne zavjese koja, ako i ne će potpuno spriječiti gubitke iz akumulacije, treba da ih barem svede na podnošljivu mjeru.

Na slici br. 2 dan je primjer prikazivanja nivoa podzemne vode, koji, iako se bez sumnje radi o suvislom nivou, pokazuje bizarna odstupanja od nivoa u homogenim nevezanim materijalima, kao što je to na pr. pijesak ili šljunak.

Na osnovu rezultata istražnih radova izrađen je prijedlog za izvedbu injekcione zavjese, koja u našem slučaju ima neuobičajeno velike dimenzije. Ukupna površina zavjese iznosi oko 200 000 m^2 s predviđenih 165 000 m bušenja i 150 000 m injektiranja. Troškovi za taj rad, procijenjeni na osnovu cijena iz god. 1953, iznose 4 milijarde dinara odnosno dva puta više od koštanja same pregrade.

Povlačenje trase injekcione zavjese bitno je utjecalo na definitivnu lokaciju same pregrade. Iako je morfologija terena ograničila mogućnosti variranja definitivnog položaja pregrade na svojih pola kilometra uzvodno ili nizvodno, terenski uslovi, koji su proučeni istražnim radovima, dali su različite mogućnosti definitivne lokacije objekta odnosno trase zavjese. Varijante lokacije nisu ostale bez utjecaja i na sam tip pregrade.

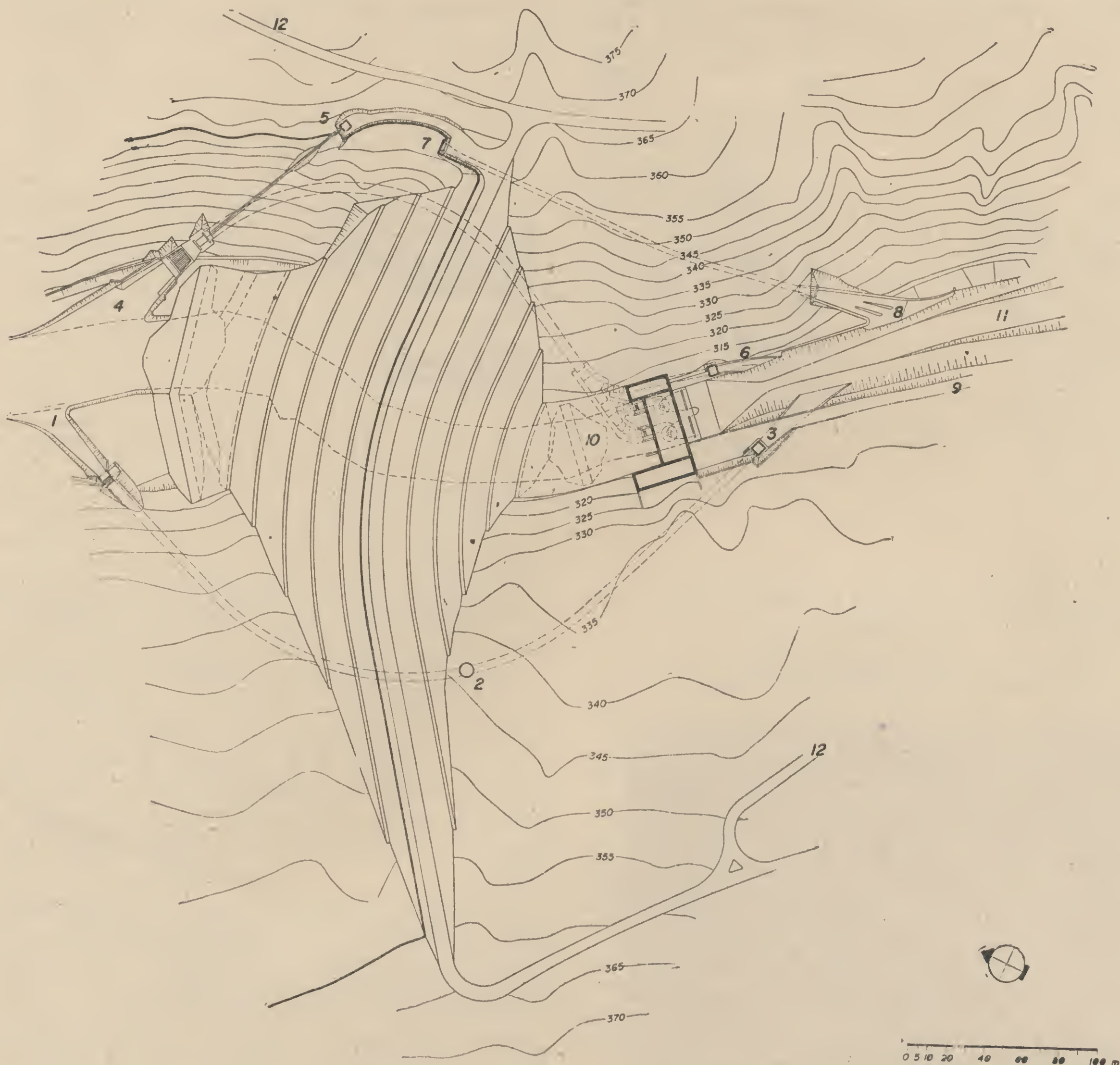
Uz samo mjesto pregrade na lijevoj obali rijeke izvire čitav niz malih krških vrela, preko kojih se dreniraju vode s platoa iznad lijeve obale. Sama zavjesa je morala biti tako smještena, da glavne komunikacije ostavi ili uzvodno ili nizvodno, jer bi njihovo presijecanje dovelo do otežanja izvedbe i do opasnosti proboja kroz samu zavjesu.

Zahtjevima, koje je na injektiranje postavljao karstificirani teren sa svojim pukotinama više manje ispunjenim ilovinama i crvenicom, s otvorenim vodnim putovima i sitnim prslinama, nije se moglo udovoljiti kod nas dotada uobičajenim injekcionim masama.

Ako se uzme u obzir, da se na osnovu pokusnih polja moglo zaključiti, da će utrošak suhe smjese po m injekcija (kod određenog rasporeda bušotina) iznositi u srednjem oko 500 kg, i uzevši cijenu cementa sa 15 din po kg, dolazimo do koštanja od 7 500 Din po m injektirane bušotine samo za materijal. Osim toga upotreba čistog cementa ne zadovoljava ni inače s obzirom na opasnost od ispiranja od tekuće vode prije stvrdnjavanja mješavine, kao i s obzirom na brtvljenje finih prslina u koje cement ne može prodrijeti.

Izvođačka poduzeća* su uspješno riješila taj problem, tako da danas možemo računati da će oko 70% cementa biti zamijenjeno glinom iz lokalnih izvorišta, što znači uštedu od barem 4 000 dinara po metru bušotine uz jednaki utrošak suhe smjese.

gradu, koja bi zahtijevala izvedbu jakog betonskog upornjaka na morfološki nepovoljnoj desnoj obali. Ispitivanja modula deformacije brda, koje je u međuvremenu provedeno ugradnjom tlačnih jastuka,



Sl. 3. Tlocrt pregrade sa objektima HE Peruča

Legenda:

1. *Ulazni uređaj temeljnog ispusta*
2. *Pomoćni zatvarač temeljnog ispusta*
3. *Zatvaračnica temeljnog ispusta*
4. *Ulazni uređaj dovodnog tunela*
5. *Zatvaračnica dovodnog tunela*
6. *Pomoćni temeljni ispust*
7. *Preljev*
8. *Izlazna građevina, preljev*
9. *Pristupna cesta*
10. *Rasklopno postrojenje*
11. *Bagerovano korito*
12. *Postojeće ceste*

8. Izbor tipa pregrade

Kod prvog izbora mjesta za pregrađivanje Cetine izabran je najuži profil tjesnaca, u kojem je usječeno korito, a koji počima oko 1 km nizvodno od vrela Peruče. Najprije se mislilo na lučnu pre-

dalo je različite koeficijente — između 30 000 i 100 000 kg/cm² — tako da je bilo jasno, da bi izvedba lučne brane, uz tako neujednačene a djelomično i vrlo nepovoljne uslove oslanjanja, predstavljala znatne teškoće.

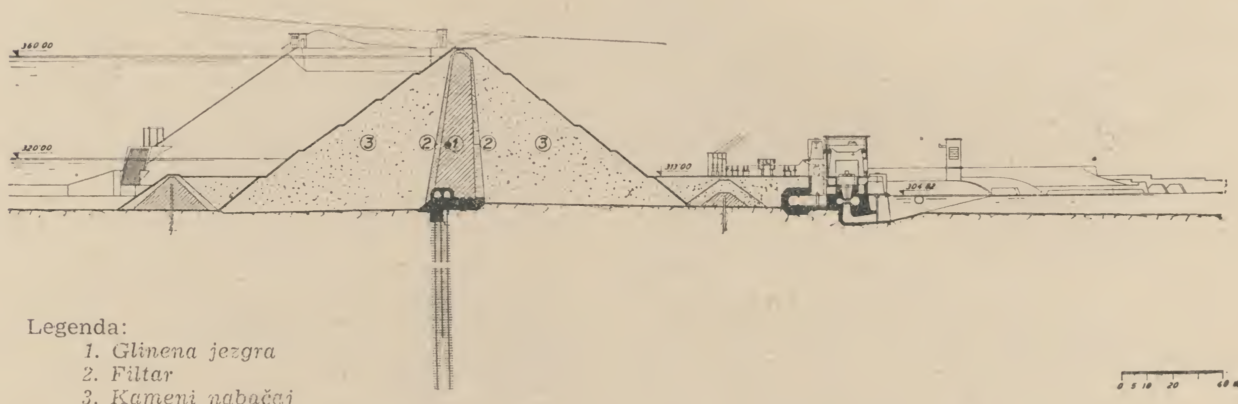
* Elektrosond i Geoistraživanja iz Zagreba.

Odbacivši raščlanjenu betonsku pregradu tipa Noetzli, koja donosi svega oko 30 posto uštede u betonskoj masi prema gravitacionom tipu, izbor se trebao izvršiti između masivne betonske i nasute kamene pregrade.

Uslovi fundiranja na mjestu koje je definitivno odabrano, polazeći u prvom redu od najpovoljnije

Pregrada je u profilu u koritu visoka 63 m. Usporna kota je 360 m nad morem, kota krune brane 363.

Kod te visine brana usporava rijeku u jezero sadržine oko 520 miliona m^3, od čega se može koristiti oko 500 miliona m^3. To znači, da sadržina jezera iznosi oko 25% srednjeg godišnjeg protoka



Sl. 4. Poprečni presjek pregrade HE Peruča

izvedbe injekcione zavjese, jednoznačno su odlučili u korist kamenog nasipa.

9. Pregrada i hidroelektrana Peruča

Iako je značaj izvedbe objekta u stvaranju akumulacije, a ne u direktnoj proizvodnji energije, pad koji će se stvoriti podizanjem brane koristit će se na pribranskoj elektrani, koja može u srednjoj godini dati oko 210 miliona kWh energije.

Odabrani tip pregrade sastoji se od tanke glinene jezgre, ukliještene u kamenom nasipu. Između gline i kamena nalazi se filterski sloj, zbog prelaza od gline na krupni kamen (slika 3 i 4).

Materijala za jezgru i kamen ima dovoljno u neposrednoj blizini gradilišta.

S obzirom na dužinu turbinskih dovoda treba branu napraviti što užom, a to zahtijeva nabijanje kamenog materijala i ograničenu upotrebu sitneži. Na taj način mogli su se postići relativno strmi srednji pokosi, i to s uzvodne strane 1 : 1,55, a s nizvodne 1 : 1,39.

Kako se može očekivati, da će u građevnu jamu doticati veće količine procjedne vode, predviđena je izvedba betonskog temelja za glinenu jezgru, u koji će biti smještene dvije paralelne kontrolne galerije. Ostali dio nasipa fundirat će se direktno na kameno tlo.

Glavni podaci o obimu radova na pregradi su ovi:

kamenog nasipa 670 000 m^3,
glinenog nasipa 100 000 m^3,
iskopa 95 000 m^3,
betona 15 000 m^3.

na mjestu pregrade ili oko 15% srednjeg godišnjeg protoka Cetine na mjestu zahvata za nizvodnu stepenicu.

Zagati će biti izvedeni također od nasutog kamenog materijala, i to tako, da se u već izvedenom nasipu izvrši bušenje rupa specijalnim bušilicama velikog diametra, koje se onda ispunjavaju betonom. Prehvatanjem pojedinih šipova, koji su tako izvedeni, dobit će se nepropusna betonska diafragma, kroz koju se mogu vršiti injektiranja u temelje.

Osim nizvodnog zagata uz samu pregradu, kasnije, prije radova na strojarnici, obrana od donje vode će se provesti podizanjem još jednog zagata, koji na kraju mora biti uklonjen.

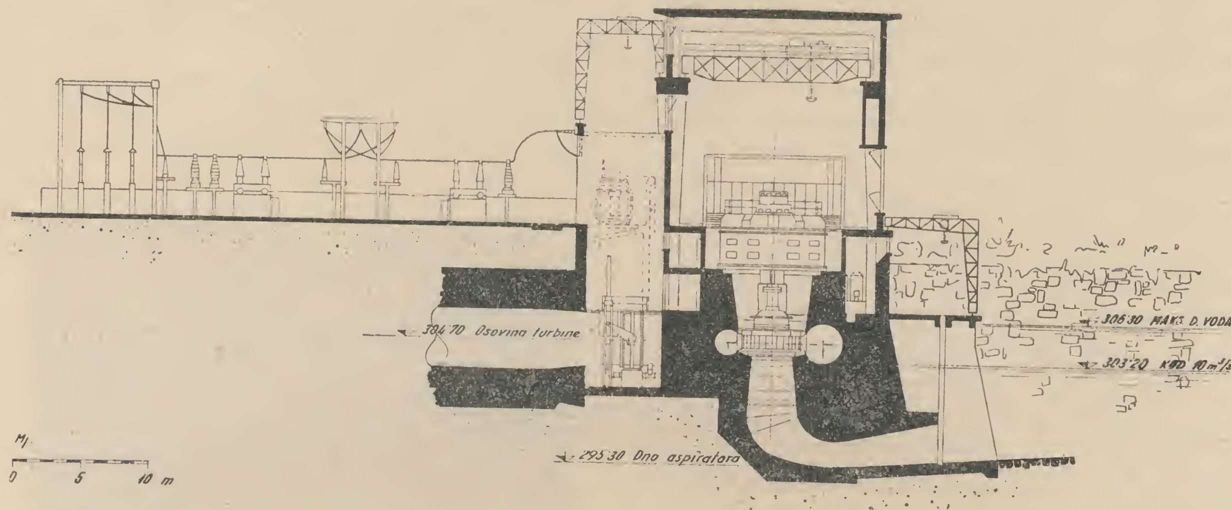
Izbor nasutog tipa pregrade postavio je posebne zahtjeve na evakuaciju vode za vrijeme građenja i na sigurnost od katastrofalnih voda nakon izvedbe objekta.

Stogodišnja velika voda iznosi 280 m^3/s, i na nju moraju biti dimenzionirani obilazni rovovi. Za tu svrhu su korišteni dovodni tunel i temeljni ispust. Dovodni tunel, koji ima čisti promjer 6,70, a nalazi se u statički nepovoljnom materijalu, mora se izvesti tako, da obloga može preuzeti cio pritisak punog jezera, uvećan za dinamički udar kod naglog zatvaranja turbina, što ukupno daje oko 8 atm pritiska. Zbog toga se predviđa dvostruka obloga: vanjska od betona debljine 50 cm, i unutarnja od gunita debljine 10 cm, armiranog sa dva reda čelične armature i sa čeličnom mrežom u površinskom sloju.

Na desnoj obali se nalazi temeljni ispust, koji ima funkciju pražnjenja jezera i davanja manjih

količina potrebnih za navodnjavanje, a predstavlja i dodatnu sigurnost za slučaj da su preljevne zapornice u kvaru u času nadolaska velikih voda. U fazi građenja pregrade temeljni ispust služi, uz dovodni tunel, za evakuaciju voda.

Tako, na pr., dovodni tunel, kojim će se, kad elektrana proradi, dovoditi do turbina 120 m^3/s, treba za vrijeme građenja da evakuira oko 200 m^3/s. Točno određivanje kapaciteta i formiranje



Sl. 5. Idejno rješenje strojarnice — Presjek

Za račun evakuacije katastrofalno velikih voda pretpostavljen je vodni val dvostruko veći od stogodišnje velike vode (2×280 m^3/s). Pretpostavivši da turbine i temeljni ispust ne rade, preljev može da zadovolji, ako se uzme u obzir retenciono djelovanje jezera, kojeg površina iznosi preko 20 km^2, uz usporavanje od 1,5 m preko normalne usporne kote (360 n. m.), što je još uvijek 1,5 m ispod krune pregrade. Preko preljevnog grla, koje će biti opremljeno poluautomatskim zapornicama, voda otječe strmim žljebom kroz tunel.

Pad, koji će se dobiti podizanjem brane, koristit će se na pribranskoj elektrani. Kod praznog jezera on iznosi 17 m, a kod punog 55 m. U strojarnici će se ugraditi dvije grupe od po 25 MVA. Turbine su Francis od po 60 m^3/s.

Položaj strojarnice, koji je diktiran što kraćim dovodom, zahtijeva smještaj odmah uz izlaz dovodnog tunela poprečno na riječno korito. Prostor između pregrade i strojarnice koristi se za smještaj 110 kV rasklopnog postrojenja, na kojem se predviđaju dva 110 kV izvoda.

Skučeni prostor za smještaj uvjetovao je relativnu zbijenost tlocrta sa centralno smještenom dvoranom za strojeve, time da su pomoćne prostorije i komanda grupirani lijevo i desno od nje.

Konstrukcija glavne dvorane je armirani betonski skelet s ispunom od opeke.

10. Modelska ispitivanja

Da bi se eksperimentalno odredile definitivne hidrauličke forme objekata, potrebno je na nekima izvršiti modelska ispitivanja.

privremene građevine na izlazu, koja mora da odvede vodu u rijeku, zahtijeva modelsko ispitivanje.

Isto tako temeljni ispust treba ispitati za dvije faze njegovog rada. Za vrijeme građenja služi kao



Sl. 6. Model obilaznog rova HE Peruča — ulazna građevina

obilazni rov, a u konačnom, opremljen odgovarajućim zatvaračima, treba da omogući evakuaciju velikih voda odnosno pražnjenje jezera. U ovoj svojoj funkciji on može ispuštati 220 m^3 vode s brzinom od preko 20 m/s, što stvara poseban

problem s obzirom na veliku energiju (preko 50 000 KS), koju treba na neki način uništiti, odnosno spriječiti potkopavanje i rušenje obale.

Analogan problem se javlja na izlazu iz strmog žljeba.

Još jedan model, ali druge vrste, treba da dade podatke o racionalnom dimenzioniranju injekcione zavjese. Ispitivanja se temelje na analogiji tečenja vode i električne struje. Pod pretpostavkom, da injekciona zavjesa predstavlja nepropusnu — kod modela neprovodljivu — pregradu, može se ispitivanjem tečenja električne struje prikazati strujanje vode u naravi. Pri tome se mora pretpostaviti homogeni medij jednakog koeficijenta propusnosti, što naravno, nikako ne odgovara karstificiranim vapnencima. Takva pretpostavka bi možda vrijedila za nevezane materijale, pijesak ili šljunak. Pa ipak, računi, koji se na osnovu modelskog ispitivanja mogu provesti, dat će neke podatke o odnosu vjerovatnih gubitaka i oblika zavjese, za razne njene oblike, što je inače skoro nemoguće teoretski obuhvatiti.

11. Investicije

Investiciona suma za HE Peruča kalkulirana je u idejnom projektu sa 12 milijardi dinara, od čega 4 milijarde otpada na injekcionu zavjesu, a 2,5 milijarde na nabavku opreme i montažu.

Jedan dio građevinskih radova, u predračunskom iznosu od preko 3 milijarde, izdat je na licitaciji najnižem ponuđaču, koji je bio za oko 25% niži od predračunske sume. To, kao i ranije spomenuto pojeftinjenje radova na injektiranju s obzirom na zamjenu cementa glinom, opravdava nam uvjerenje, da će se troškovi izgradnje kretati u okviru predračunske sume, usprkos mogućim nepredviđenim radovima ili neočekivanim teškoćama.

HE Peruča će do izgradnje HE Split raditi u sprezi s postojećom HE Kraljevac, na kojoj u vezi s korištenjem vode Peruče ne treba izvoditi nikakvih investicionih radova. Akumulacijom izravnane vode osiguravaju toj elektrani i u sušnoj godini konstantnu minimalnu snagu od 50 MW, dakle rad sa 80% kapaciteta. Korist, koju će od toga imati dalmatinska industrija, teško je, barem u okviru ovog prikaza, izraziti novčanim pokazateljima. Međutim, već prema iznesenom se vidi, da će akumulacija Peruča značiti ogroman doprinos našoj privredi.



Sl. 7. Model obilaznog rova HE Peruča — izlazna građevina

Projekt HE Peruča izradio je »Elektroprojekt« Zagreb. Geološka istraživanja vrši Geološki zavod NRH Zagreb pod vodstvom dra Josipa Poljaka. Projekat pregrade i zagata izradilo je »Geoistraživanja« Zagreb pod vodstvom Ing. Ervina Nonveillera. Hidrotehnička modelska ispitivanja vrši laboratorij »Elektroprojekta« Zagreb.

VELIKA VODA DUNAVA 1954 GODINE I OBRANA OD POPLAVE TERITORIJA NRH

Ing. Ivan Milković, Zagreb

Ovogodišnja velika voda Dunava izazvala je poplave većih razmjera priobalnog branjenog zemljišta u Njemačkoj, Austriji i Mađarskoj i apsolutne maksimume vodostaja na gornjem toku do Beča, zatim od Bratislave do Pakša te od Baje do blizu Vukovara. Nemajući tačne podatke vremena prodora ili prelivanja nasipa, plavljene površine, ne možemo se upuštati u razmatranje uticaja na visinu velike vode — naročito do kog bi se vodostaja podigla velika voda na našem dijelu, da nije bilo prodora i poplave u gornjem dijelu toka Dunava. U ovom članku iznijet ćemo tok obrane od poplave, paralelu sa velikom vodom 1926 godine, dobivena iskustva kao i potrebne mjere za obezbjeđenje našeg područja od poplave. Vodostaji koje je dosegla velika voda ove godine, kao i apsolutni maksimumi velikih voda do 1954 godine, sa razlikama, prikazani su u narednoj tabeli:

Mjesto vodomjera i kota »0«		Najveći vodostaj prije 1954		Vodostaj 1954		Razlika
		godina	očitanje	na dan	očitanje	
Linz	247,83	1899	907	11 VII	961	+54
Struden	217,67	1899	1360	12 VII	1355	— 5
Beč	154,08	1899	866	14 VII	865	— 1
Bratislava	129,22	1899	970	15 VII	979	+ 9
Komoran	104,52	1923	720	17 VII	750	+30
Budimpešta	95,65	1940	787	19 VII	804	+17
Pakš	86,06	1897	852	21 VII	816	—36
Baja	81,83	1897	905	23 VII	912	+ 7
Mohač[1]	79,88	1897	900	24 VII	923	+23
Bezdan	80,61	1883	708	24, 25 VII	718	+10
Apatin	78,81	1926	774	24, 25 VII	780	+ 6
Bogojevo[2]	77,47	1926	749	24, 25 VII	762	+13
Vukovar	76,17	1940	678	26 VII	672	— 6

Zbog upoređenja sa velikom vodom 1926 godine navest ćemo vodostaje velike vode 1926 godine od Pakša do Vukovara:

Mjesto	godina 1926	1954	razlika
Pakš	793	816	+23
Baja	876	912	+36
Mohač	887	923	+36
Bezdan	696	718	+22
Apatin	774	780	+ 6
Bogojevo	749	762	+13
Vukovar	674	672	— 2

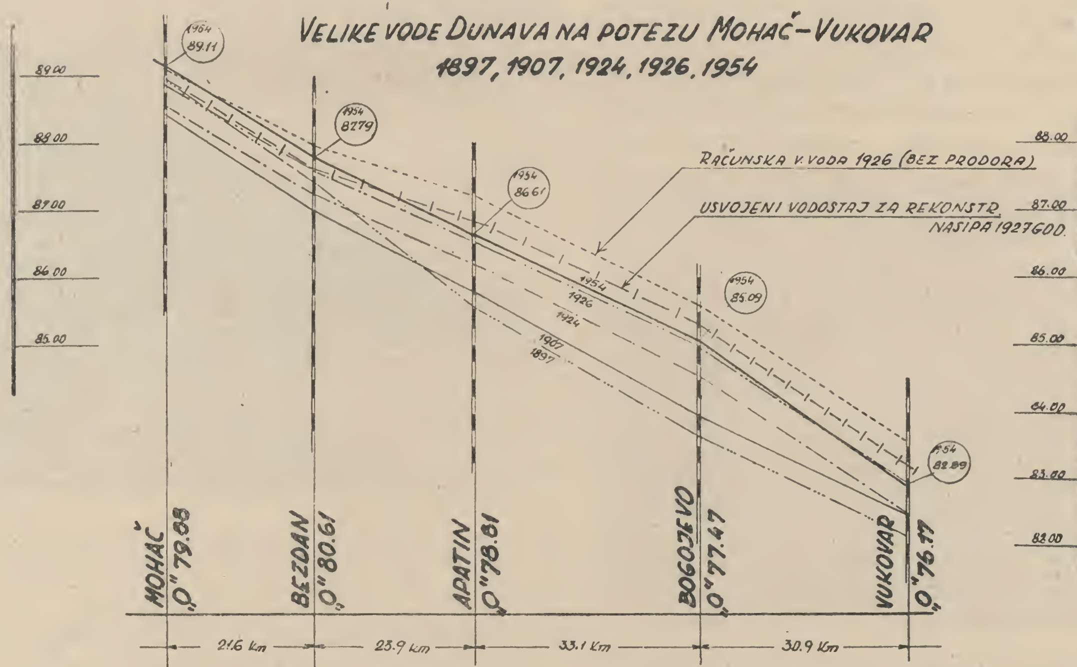
Velika voda 1954 godine prešla je sve do sada poznate maksimalne vodostaje na potezu od mađarske granice do blizu Vukovara.

Katastrofalna poplava godine 1926 zahvatila je kod nas branjenu površinu od 602,5 km² sa 2 005 kuća, od kojih je bilo srušeno 1 425. Procijenjena šteta po cenama iz 1926 godine kretala se na 265 700 000 Din ili oko 4 700 000 dolara, što odgovara po sadanjim cijenama oko tri do tri i po milijarde dinara. Maksimalni opaženi vodostaji nastali su poslije prodora kod Tikveša i Kandleje, pa je zbog toga izračunata u tadanjoj Direkciji voda, odsjeku za hidrografiju, ona velika voda koja bi nastala, da nije došlo do prodora i poplava na tom sektoru. Hidrografski institut Ministarstva poljoprivrede Mađarske objavio je isto tako izvještaj o studijama po predmetu poplave na Dunavu 1926 godine. Razlike dobivene kod računa vodostaja, da nije bilo prodora, nisu velike; tako na primjer po jugoslavenskom računu maksimum 1926 godine u Mohaču bio bi 19 VII +913, a po mađarskom računu bio bi 19 VII +900; razlika je svega 13 cm.

Za Bogojevo bi kulminacija po jugoslavenskom računu bila 20 VII sa 811, a po Mađarima 20 VII po podne ili 21 VII ujutro sa +797; razlika svega 14 cm. Na potezu Mohač—Vukovar, da 1926 godine

[1] Ovaj vodomjer je do 1941 god. imao kotu »0« točke 81,88. Taj se podatak daje za čitaoce, kojima stoje na raspolaganje predratni izvještaji o vodostajima.

[2] Ovaj vodomjer je do 1940 god. imao kotu »0« točke 77,14.



Slika 1 — Velike vode Dunava na potezu Mohač—Vukovar god. 1897, 1907, 1924, 1926, 1954

nije bilo prodora, računska velika voda imala bi ove vodostaje:

Mjesto vodomjera kota »0«		Izračunati vodostaji 1926 godine		
		na dan	oči-tanje	kota
Mohač	79,88	19 VII u 7h	913	89.08
Bezdan	80,61	19 VII u 13h	733	87,94
Apatin	78,81	19 VII u 20h	841	87.22
Bogojevo	77,47	20 VII u 5h	811	85.58
Vukovar	76,17	20 VII u 13h	735	83,52

Velika voda iz god. 1954 prešla je samo kod Mohača računsku veliku vodu iz 1926 godine. Na nizvodnim točkama nije je prešla samo zahvaljujući povoljnom vodostaju Drave.

Navedeni računski vodostaji iz 1926 god. nažalost nisu uzeti za bazu rekonstrukcije obrambenih dunavskih nasipa, već je komisija, određena od tadanjeg Ministarstva poljoprivrede i voda, usvojila, da za određivanje visine krune nasipa treba smatrati mjerodavnim vodostaj u Apatinu +810. Taj usvojeni vodostaj premašuje stvarno opaženi vodostaj za 36 cm, a niži je od računskog za cca 30 cm.

Tih računskih vodostaja držala se jedino bivša vodna zadruga u Dardi, koja je u vremenu od 1926—1929 izvršila rekonstrukciju nasipa na desnoj obali Dunava i uz Dravu. Svi ostali nasipi — kao nasip Mohač—Draž, Zmajevac, Kopačevo — rekonstruirani su tako, da je izvedeno nadvišenje krune nasipa 1,00 m nad stvarno opaženom velikom vodom u 1926 god.

Na lokalnim ljetnim nasipima osim zatvaranja izazvanih prodora nije ništa rađeno, već je jedino sjeverni dio nasipa oko Podravlja izveden sa krunom 1,00 m nad velikom vodom 1926 godine.

S redovnom obranom u 1954 godini započeto je 14 VII na dužini od 65,173 km, koja se s porastom vode produžavala na daljnjih 3,43 km, zbog zaštite sela Draž, Batine i Kopačevo.

Obrana od poplave, iako je vodostaj premašio 1926 godinu, može se reći da je u cijelosti uspjela, pored oskudice tehničkog kadra za rukovođenje obranom od poplave. Rad na obrani od poplave zahtijeva iskusni kadar, koji poznaje teren, mjesne prilike, objekte i koji je proživio nekoliko obrana od poplave. U N. R. Hrvatskoj tog kadra je sve manje. Tako, na primjer, ove godine moralo se noću dizati iz stanova stare penzionere hidrotehničare i prevoziti ih na obrambene sektore, kako bi oni rukovodili pojedinim težim sektorima, nadzirali rad i davali upute početnicima inženjerima i hidrotehničarima.

Najslabija mjesta kod obrane od poplave predstavljali su ljetni nasipi oko Tvrđavice, Podravlja, Sece i Mece nasipa. Imajući iskustvo iz 1937 godine, kada je probijen nasip kod Tvrđavice pri vodostaju na ustavi Vadar +420 ili Osijek +400, naređena je evakuacija stoke, stanovništva i prenos pokošena žita 22 VII kod vodostaja Osijek +448.

23 VII 1954 po izvršenoj evakuaciji došlo je u 11 sati i 30 minuta do prodora nasipa kod vodostaja Osijek +462, t. j. na koti 86,10, za 20 cm nižoj od vode 1926 godine. Kruna nasipa nadvisivala je vodostaj prodora za 30—40 cm. Prodor je nastao u temelju širine do 5 m, i to na terenu gdje nije bilo velikih pojava izdanskih izvora, već je jedan ograđeni izvoz bio od mosta prodora udaljen nekih 90—100 m.

Sam nasip i teren na kome leži nasip bio je jako prokvašen, tako da se cio teren kod prolaza pod nogama ljuljao. Prodor se u roku od 1 sata proširio na 12 m i sukcesivno se proširavao do momenta izjednačenja vanjske i unutarnje vode na 40 m (23 VII u 23 sata, vrijeme punjenja 12,5 sati). Profil nasipa imao je krunu širine 3,00 m, nagib pokosa 1 : 2 sa obje strane. Visina nasipa na mjestu prodora 3,00 m, dubina vode 2,5 m.

Poplavljena površina iznosila je 434 kat. jutra, od čega oranice 82, vrtova 66, livada 58, pašnjaka 129, šuma 50, neplodnog zemljišta 49.

Kroz otvor je prosječno doticalo 835 m^3/sek.

Podravlje, koje je evakuirano 23 VII, uspjelo se obraniti.

Od 14 VII do 2 VIII 1954, koliko je trajala obrana od poplave, izvedeni su ovi radovi: lokalizirano je 1 076 izdanskih izvora, izgrađeno 9 466 m zečjeg nasipa, pobijeno 188 m žmurja, prevezeno i ugrađeno 14 095 m^3 zemlje i 14 m^3 kamena. Položeno i napunjeno zemljom 41 300 komada vreća.



Slika 2 — Prodor lokalnog nasipa Tvrđavice 23 VII 1954 poslije 1 sata od momenta prodora

Utrošak radne snage po radnim danima bio je: inženjera i tehničara 424, pripadnika J. N. A. 7 235, čuvara i radnika 8 169, pripadnika organizacija P. A. Z. i vatrogasaca 3 281 radnih dana.

Korištena prevozna sredstva u radnim danima iznela su: auta 353, kamiona 392, traktora 26, korda 125, seljačkih kola 1678, 10 vagona, dereglija sa motornim čamcima 10 radnih dana.

Troškovi obrane od poplave Baranje i Osijeka iznijeli su okruglo 16 miliona, s tim da je za vrijeme vanredne obrane od poplave mobilisana besplatna radna snaga i prevoz.

Grad Vukovar na nižim priobalnim dijelovima Dunav započima plaviti kod vodostaja 574. Kako nema nikakvih obrambenih objekata, postepenim porastom plave se sve veće površine grada, pa je tako plavljenje Vukovara trajalo u ovoj godini 14 dana. U pojedinim ulicama dubina vode bila je do 70 cm. Materijalne štete su znatne i kreću se prema procjeni na 73 milijona dinara, od koje svote 5 miliona iznašaju troškovi evakuacije iz poplavljenog dijela.

1926 godine bila je situacija još teža obzirom na trajanje plavljenja, koje je iznosilo 56 dana uz viši maksimum vodostaja za 4 cm.



Slika 3 — Poplavljeno selo Tvrđavica

Pored uspjele obrane materijalne štete po privredu N. R. Hrvatske uslijed samo tog prolaza dunavskog talasa iznijele su okruglo 370 milijona. Od te štete otpada na kotar Beli Manastir 260 miliona, G. N. O. Vukovar 68, G. N. O. Osijek 21 i troškovi same obrane 21 miliona dinara.

Obranjeno ugroženo područje u Baranji iznosi 36 000 ha sa selima Draž, Batina, Zmajevac, Suza, Kneževi vinogradi, Vardarac, Kopačevo, Bilje, Podravlje.

Od Državnog dobra Belja obranjene su poljoprivredne uprave Puškaš, Mirkovac, Jasenovac, Zlatna Greda, Sokolovac, Kozjak, Podunavlje, Mece, Tikveš, Topolik, Brod, Pijeskovi. Šteta, koja bi nastala da je došlo do poplave, nadmašila bi za nekoliko puta štetu iz 1926 godine, uzimajući u



Slika 4 — Nasip Mece — obrana živinarskog kombinata Mece (Kokin grad) podizanjem zečjeg nasipa

obzir privredni razvoj od 1927 do 1945, i investicije koje su učinjene poslije 1945 godine, a koje su prešle 10 milijardi dinara, kao i povećanje broja stoke po poljoprivrednim upravama.

Postignutm uspjehu obrane od poplave pored zalaganja ljudstva mnogo su doprinijele povoljne okolnosti pod kojima je prošao talas velike vode. Uporeďenje s velikom vodom 1926 godine, kao i tadanjom obranom od poplave, dat će najbolju ocjenu toga.

1. Trajanje obrane od poplave

Trajanje redovne obrane od poplave u 1945 godini bilo je prosječno svega 30% trajanja 1926 godine.

Najbolje se to očituje u nanesenim grafikonima vodostaja 1926 godine i 1954.



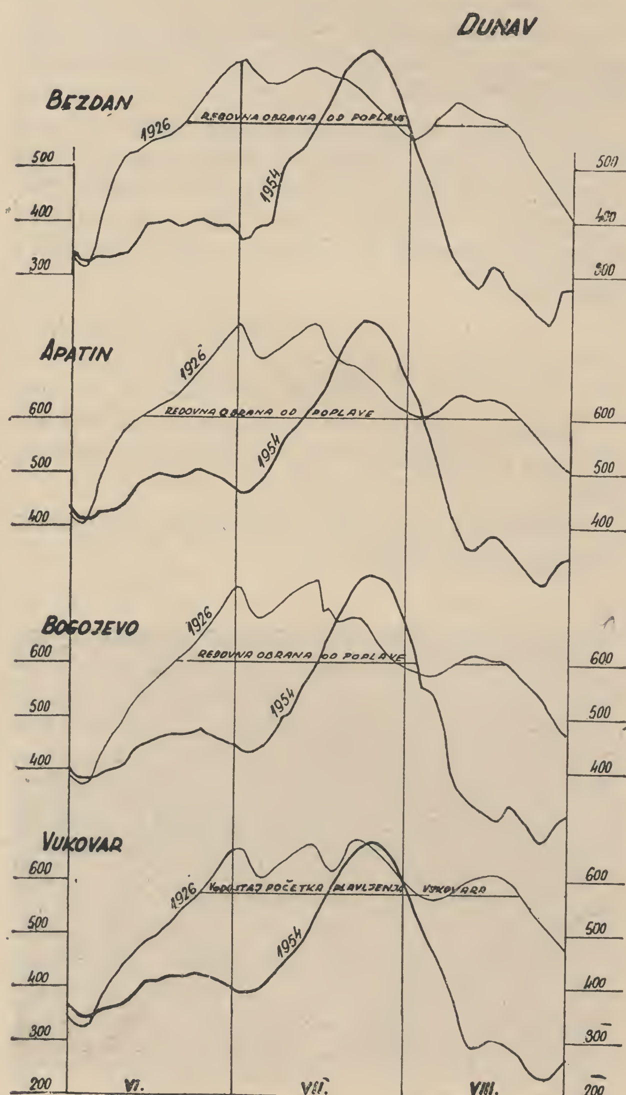
Slika 5 — Jedan od umirenih izdanskih izvora (u nožici Draškog nasipa)



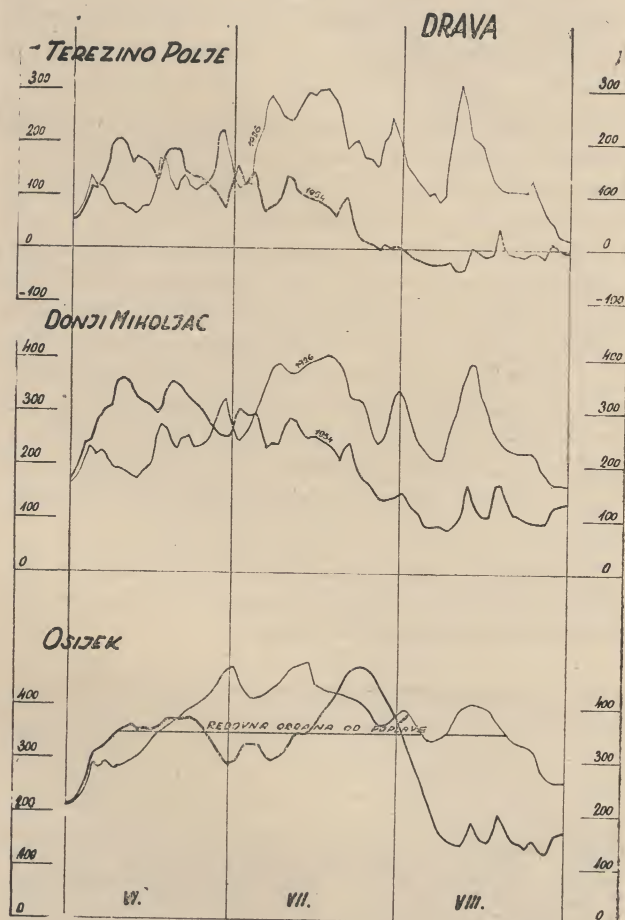
Slika 6 — Trg Republike u Vukovaru

Vodostaji kod kojih počima redovna obrana od poplava i veći od ovih trajali su:

a) kod Bezdana (+580) u 1926 godini 56 dana, prema 16 dana u 1954;



Slika 7 — Dunav



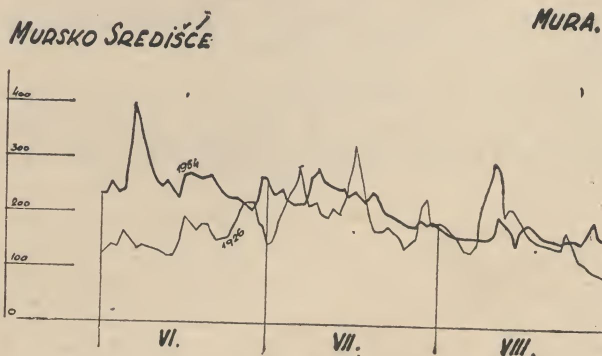
Slika 8 — Drava

b) kod Apatina (+600) u 1926 godini 69 dana, prema 21 dan u 1954;

c) kod Bogojeva (+600) u 1926 godini 37 dana, prema 19 dana u 1954;

d) kod Osijeka (+350) u 1926 godini 65 dana, prema 20 dana u 1954.

Kod srazmjerno kratkog trajanja imali smo 1 076 jačih izvora. Kako bi bilo, da je visoki vodostaj trajao kao 1926 godine? Vrlo vjerovatno ne bi



Slika 9 — Mura

se održalo Podravlje, Sece, Mece, Mlinske jame, a u pitanju bi bio i glavni obrambeni nasip uz Dunav (Zmajevac—Kopačevo).

Na tom nasipu prilikom rekonstrukcije poslije 1926 godine zbog štednje nisu izvedena odgovarajuća proširenja u vidu banketa, i to na osjetnim dužinama, t. j. na 13 km. Kod ovogodišnje vode najveći broj izdana bio je na tim dijelovima uz osjetno promočivanje nožice nasipa.

2. Meteorološke prilike

Meteorološke prilike za vrijeme trajanja velike vode kao i obrane od poplave u 1954 godini bile su neobično povoljne. Za vrijeme trajanja vodostaja Apatin +600 i većeg, imali smo od 21 dana svega 5 kišnih dana, s ukupnom visinom oborine na stanici Brestovac 29,1 mm. Maksimalna dnevna oborina od 12,7 mm pala je 31 VII na potpuno suho tlo.

1926 godine na istoj stanici Brestovac za vrijeme trajanja vodostaja Apatin +600 i većeg od 69 dana trajanja bila su 34 dana kišna, s visinom oborine od 274,2 mm. Dnevni maksimum od 32,1 mm pao je na već kišama prokvašeno tlo.

Omjer broja kišnih dana prema danima trajanja redovne i vanredne obrane od poplave iznosi za 1954 godinu 23,8%, dok je 1926 godine bio 49,1%. Ti nam podaci govore, da smo u toku obrane 1954 godine imali vrlo povoljne saobraćajne mogućnosti po ritskim poljskim putevima i nasipima za prevoz alata i materijala, što je 1926 godine bio jedan od najtežih problema.

Neprokvašenost gornjih slojeva nasipa, suvoća materijala od koga su građeni zečji nasipi oko Draža, Kopačeva kao i podizani ljetni lokalni nasipi, garantovali su uspjeh od poplave. Istovremeno svega je jedan dan duvao vjetar, tako da nekih osjetnih radova na zaštiti nasipa od talasa nije bilo osim na dijelu glavnog dunavskog nasipa od 26—31 km.

3. Vodne količine, vodostaji i linija sigurnosti

Za vrijeme velike vode na dan 30 VII 1954 pri vodostaju 712 (u opadanju) hidrometeorološka služba N. R. Srbije izvršila je mjerenje vodne količine i dobila 6 759 m³/sek sa srednjom brzinom 1,12 m/sek. Nažalost, ni ove godine nije iskorištena mogućnost izmjere vodne količine pri maksimalnom vodostaju, ali, posluž満ivši se konsumpcionom krivuljom, možemo ocijeniti, da je kod maksimalnog vodostaja 24 i 25 VII 1954 proticala količina od 7 700 m³/sek. Kulminacija protoka, koja je prethodila kulminaciji vodostaja, možda je dosegla i vrijednost od 8 200 m³/sek.

Dosada najveće količine protoke kod Bogojeva preko 7 000 m³/sek bile su 1897, 1907, 1926 i 1954 godine.

14 VIII 1897 bio je protok 8 000 m³/sek, 25 V 1907 proticalo je 7 200 m³/sek, dok je 1926 godine u vremenu od 18—24 VII 1926 bio dosada apsolutni maksimum sa 8 200 m³/sek. U izvještaju mađarske hidrografske službe navodi se, da je kod maksimalnog vodostaja bila vodna količina od 7 870 m³ na sekundu, no dopuštajući da je kulminacija protoka mogla biti veća, čak i preko 8 400 m³/sek, prije kulminacije vodostaja.

U svakom slučaju, količina protoka 1954 godine manja je kod Bogojeva nego 1926 godine. Najočitije nam o tome govore naneti grafikoni vodostaja Drave, Mure i Dunava.

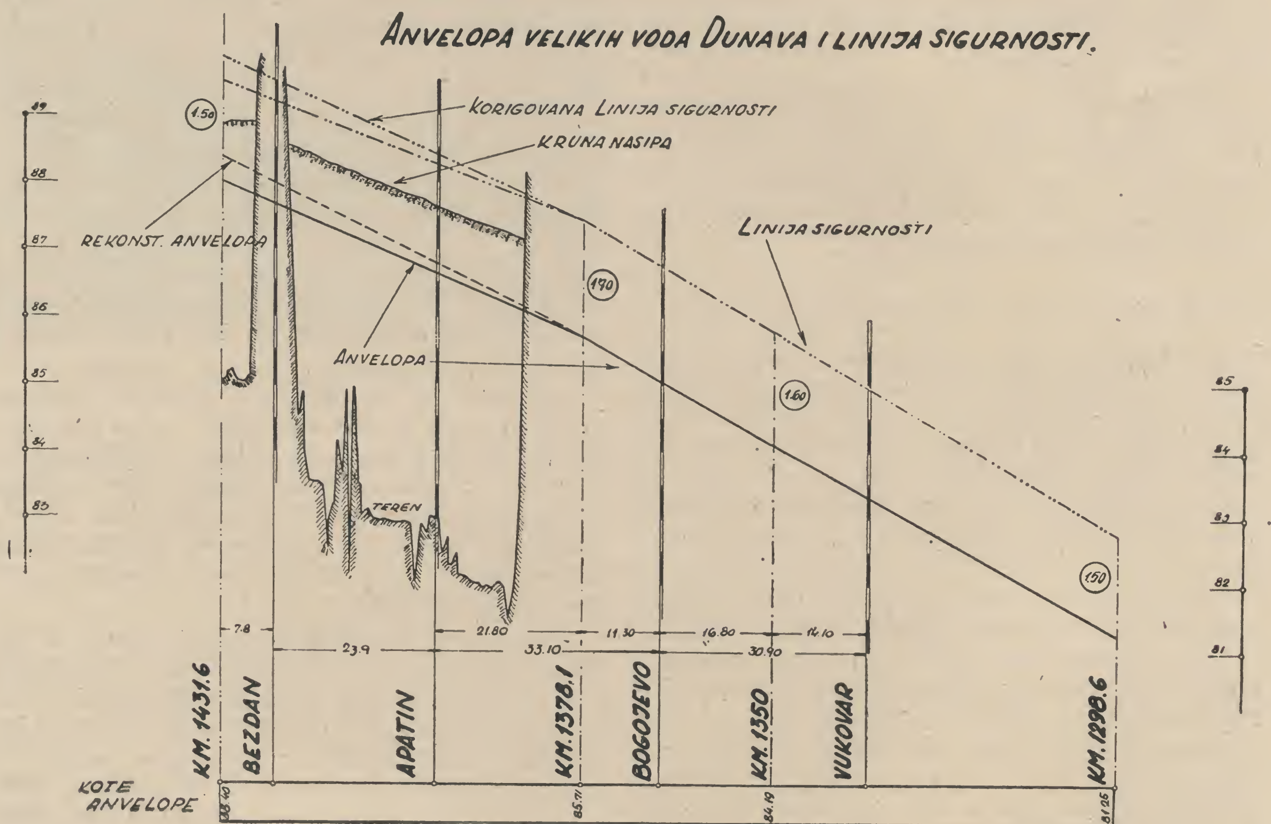
Koristimo li konsumpcionu krivulju Bezdana, vidimo da nam je kod vodostaja 718 na dan 24 i 25 VII 1954 proticalo 6 900 m³/sek — kod Bogojeva 7 700 m³ —; razliku je dala Drava, koja je prema grafikonu vodostaja u Donjem Miholjcu i konsumpcionoj krivulji u vremenu od 20—24 VII davala od 900 do 1 000 m³/sek, što u cijelosti odgovara gornjoj postavci.

Anvelopa velikih voda Dunava, izrađena od ing. Nikole Mirkova u »Hidrotehničkim Melioracijama u N. R. Srbiji« na bazi podizanja linije velike vode s obzirom na točnost očitovanja za 10—20 cm, s korekcijom nepravilnosti na pojedinim sektorima, prouzrokovanima lokalnim uslovima, ima ove kote: u km 1 431,6 (državna granica) 88,00; u km 1 378,1 kotu 85,71; u km 1 350 kotu 84,19 i u km 1 298,6 kotu 81,25.

Interpolacijom na odgovarajućim vodomjerima dobivamo ove kote: državna granica (km 1 431,6) 88,00; Bezdan 87,67; Apatin 86,65; Bogojevo 85,10; Vukovar 83,39.

Velika voda 1954 godine na odgovarajućim vodomjerima i granici dostigla je kote: km 1 431,6 (državna granica) 88,27; Bezdan 87,79; Apatin 86,61; Bogojevo 85,09; Vukovar 82,89 pa je potrebna rekonstrukcija anvelope velikih voda na dijelu od km 1 378,10 do km 1 431,60. Kote nove anvelope bile bi: u km 1 431,60 (državna granica) 88,40; u km 1 378,10 ostaje ista kota, t. j. 85,71. Interpolacijom dobivamo kote anvelope na vodomjeru Bezdan 88,01 i kod Apatina 86,81. Rekonstrukcijom anvelope treba izvesti i korekciju linije sigurnosti. Linija sigurnosti dosada je imala ustanovljene ove kote: na granici u km 1 431,60 kotu 89,50 — t. j. nadvišenje 1,50 m; u km 1 378,10 kotu 87,41 — nadvišenje 1,70 m; u km 1 350 kotu 85,79 — nadvišenje 1,60 m; u km 1 298,60 kotu 82,75 — nadvišenje 1,50 m. Korekcija bi bila na istom dijelu gdje je rekonstruirana i anvelopa velikih voda, t. j. od km 1 378,10 do km 1 431,6 (državne granice), tako bi kota linije sigurnosti u km 1 378,10 bila nepromijenjena, t. j. 87,41, a u 1 431,6 km 89,90.

Na odgovarajućim vodomjerima bile bi korigovane kote linije sigurnosti: Bezdan 89,54, Apatin 88,43, dok bi ostale i dalje kote kod Bogojeva 86,76, Vukovara 84,96.



Slika 10 — Anvelopa velikih voda Dunava i linija sigurnosti

Od tako postavljene linije sigurnosti krune glavnih obrambenih nasipa leže u prosjeku niže za 75—90 cm, a sam poloj ispod anvelope za 4,5, a mjestimično i 5 m.

4. Investicije

Da se prema postavljenoj liniji sigurnosti urede nasipi u Baranji, trebalo bi u njih ugraditi 1 900 000 ·m³, što predstavlja investiciju od Din 760 000 000. Osim tih nasipa treba urediti obranu od poplave grada Vukovara s asanacijom njegove okoline. Izgradnja, koja s rješenjem pitanja Vuke zahtijeva investiciju od oko Din 350 000 000, tako da bi trebalo 1,10 milijardi dinara za svrhe obrane od poplave dunavskih voda na teritoriji N. R. Hrvatske. Ostavimo li nasipe na istoj visini, t. j. ako samo izvedemo potrebna proširenja u vidu banketa širine 4,00 m na odgovarajućim dijelovima i uređujemo lokalne nasipe za maksimalne vodostaje, treba u Baranji ugraditi u nasipe 636 000 m³, što predstavlja iznos od 291 000 000 din. Dodamo li iznos potreban za osiguranje grada Vukovara, to bi nam trebala investicija od Din 641 000 000.

Uređenjem nasipa prema postavljenoj liniji sigurnosti obranili bi naša polja, naselja i gradove na dunavskom dijelu i za slučaj velikih voda s trajanjem kao i godine 1926. Ulaganje potrebnih investicija za obranu od poplave može se opravdati s ekonomske strane samo štetom koja nastupa poplavom, i to na poljoprivrednom zemljištu, saobraćajnim vezama, naseljima i industrijskim objektima, kao i štetama po privredu zbog prekida saobraćaja i rada industrije. Zbog što uvjerljivijeg ekonomskog računa uzima se u obzir šteta koja nastaje za poplave podijeljena sa brojem godina prema periodu učestalosti poplava, t. j. velikih voda, i uspoređuje jednogodišnji prosječni iznos štete sa troškom cjelokupne investicije. Po tako provedenom računu dobivamo, da je za radove u Baranji jednogodišnji mogući iznos štete 82% potrebne investicije, a za Vukovar 18,3%.

Da se poveća sigurnost obrane od poplave i urede obrambeni uređaji za površine koje se već sada brane pored Dunava, Drave, Mure, Save i Kupe, trebala bi investicija od 3,4 milijarde dinara. Jednogodišnja prosječna šteta iznosi 43,2% potrebne investicije. Dodamo li gornjem iznosu još investicije za nove površine pored Mure (10 000 ha), Kupe (15 000 ha) i Kupe—Lomnice (5 000 ha), u svemu 30 000 ha, to je potrebna investicija od 4,7 milijardi dinara, a prosječna jednogodišnja šteta može iznijeti do 41% potreba investicija.

Visina jednogodišnje štete prema pojedinim područjima mijenja se od 18,3% pa do 96%, pa je prema tome postotku dan prioritet i red radova,

koji bi po financijskim mogućnostima izvodili iz općih sredstava. Na kraju, zaključak:

1. Neophodno je potrebno, i pored uspjele obrane od poplave u god. 1954, provesti radove osiguranja, jer bi za slučaj trajanja velike vode kao 1926 godine doživjeli istu katastrofu kao tada.

2. Riješiti pitanje tehničkog kadra za rad na melioracionim poljima i obrani od poplave.

LITERATURA:

»Izvještaj hidrografskog odseka Direkcije voda o proučavanju uzroka poplave juna—jula 1926, na reci Dunavu na potezu Bezdan—Bukin« (Beograd—Sarajevo, 1928).

»Izvještaj o studijama po predmetu poplave na Dunavu u 1926 godini«. Hidrografski institut Ministarstva poljoprivrede Mađarske.

»Hidrotehničke Melioracije u N. R. Srbiji«. Institut za vodoprivredu N. R. Srbije (1951).

PROBLEMI CESTOGRADNJE U NJEMAČKOJ

Prikaz izvještaja s godišnjeg savjetovanja njemačkih cestovnih stručnjaka u Münchenu septembra 1953 g.

Ing. **Lida Zlatić**, Zagreb

Zasjedanje najprominentnijih njemačkih stručnjaka u pitanjima gradnje cesta, uz sudjelovanje brojnih inostranih stručnjaka (među ostalima i ing. Đukića, prof. Tehničke velike škole u Beogradu) održano je u septembru 1953 god. u Münchenu.



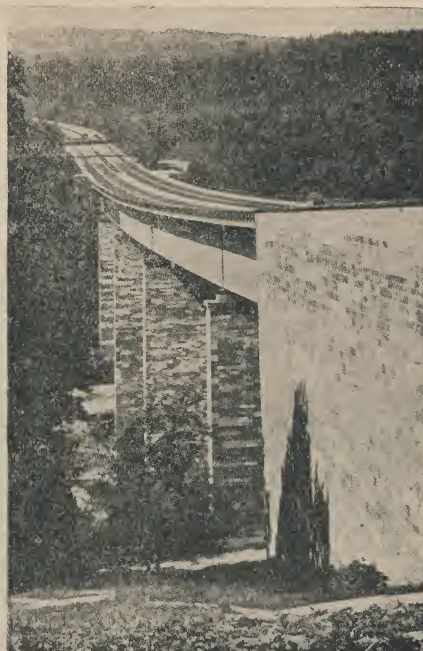
Slika 1

Kako su na tom savjetovanju tretirana vrlo važna pitanja iz svih područja cestogradnje, koja su od velikog interesa i za gradnju naših cesta, i kako naša javnost nije upoznata dosada sa rezultatima tog savjetovanja, to ćemo makar sa znatnim zakašnjenjem dati kratak pregled tamošnjih referata i izvještaja.

Tokom dvodnevnog zasjedanja održano je 13 referata. Uvodni referat »Upravljanje saveznim cestama«, koje je održao dr. ing. Seebohm, savezni ministar prometa, za nas nije od naročitog značaja, jer cijeli referat obrađuje samo organizaciona pitanja upravljanja saveznim njemačkim cestama. Međutim, interesantno je, da i tamo stručnjaci postavljalju kao osnovno pitanje centraliziranje uprave za ceste, jer sadašnje stanje decentralizirane uprave ometa pravilno vođenje cestovne politike. Osnovna je ideja referata: »Cestovni promet, cestovna mreža i cestovna uprava moraju činiti organizaciono jedinstvo.«

Za nas je od daleko većeg interesa referat dr. ing. Kunde, načelnika odjela za cestogradnju u saveznom ministarstvu prometa: »Zadaci u cestogradnji«. Taj referat uzima kao polaznu točku današnje stanje cesta u Njemačkoj, koje se naravno potpuno razlikuje od stanja naših cesta, ali usprkos tome možemo mnoge njegove zaključke primijeniti i na naše prilike.

On dijeli zadatke u cestogradnji u dvije grupe. u probleme opće naravi i u probleme tehničke naravi. U prvu grupu spada povezivanje cijele mreže autoputova, t. j. zatvaranje pojedinih preostalih rupa, zatim pitanje finansiranja gradnje autoputova uz stvaranje raznih fondova za gradnju i održavanje cjelokupne mreže cesta i, konačno, izgradnja i rekonstrukcija ostale mreže, kako državnih tako i ostalih cesta u cijeloj Njemačkoj.



Slika 2



Slika 3

U vezi s tehničkim problemima u referatu se najprije obrađuje trasiranje cesta. Svuda treba uvesti klotoidu, jer direktan prijelaz iz pravca u kružnu krivinu ne odgovara dinamici vožnje. Često je ekonomično i lijepo djeluje razdvajanje obih



Slika 4

traka za svaki smjer zasebno (Sl. 1.). Preporuča se prijeći na prostorne metode trasiranja. Izgradnju objekata treba prilagoditi trasiranju, makar time nastale i konstruktivne poteškoće (Sl. 2.). Kod gradnje novih autoputova treba trasu perspektivno preispitati, što se postizava računskom perspektivom i optičkim ispitivanjem cjelokupne trase, tako da se u sliku krajobraza ucrtava trasa iz idejnog projekta pomoću perspektografa. (Slika 3.).

Izvedba kolovoza: Nakon ispitivanja betonskih kolovoza, koji se 17 godina nalaze pod prometom, pokazalo se da najbolje odgovaraju ploče debljine 22 cm s pravokutnim presjekom. Armiranje rubova je nepotrebno; i dalje je najbolja armatura jednoslojna čelična mreža. Moždanici su neophodno potrebni, čak bi ih trebalo od 22 mm pojačati na 26 mm. Duljinu ploča trebalo bi povećati od 10 i 20 m na 50—60 m i umetnuti dvije prividne fuge. Sve fuge, a naročito podužne i prividne, trebalo bi urezati u stvrdnuti beton, čime se postižu ravnije linije, konstantna debljina fuga i bolja čvrstoća betona na rubovima. Rade se pokusi sa 15 cm debelim pločama od prednapregnutog betona. Zbog sprečavanja hrapavosti i ljuštenja počelo se kod betoniranja betonu dodavati dodatke za stvaranje zračnih pora, dok se na stare betonske kolovoze polaže tanki bitumenski zastor. Osim toga dodaje se gornjem sloju željezni oksid za dobivanje sivkaste boje betona, koja manje umara nego bijela boja. Rubne trake ostaju bijele. Na novim dionicama autoputova uvode se i asfaltni kolovozi na betonskoj podlozi. Asfalt se sastoji od 8 cm debelog dvoslojnog veznog sloja i 4 cm asfaltbetona. Podloga je bez fuga i debljine 20 cm. Usprkos veće debljine, kolovoz nije mnogo skuplji od betonskog.

Važno je obrubljivanje ceste ili rubnjacima ili, bolje, 30—40 cm širokim betonskim ili taracanim rubnim trakama. Kod jakog biciklističkog prometa neophodno su potrebne zasebne biciklističke staze, koje se mogu voditi sasvim odvojeno od same ceste. Zastor ne smije biti lošiji od onoga na cesti, a najbolje odgovara 10 cm debeli beton sa fugama na 6—12 m ili zatvoreni asfaltni zastor.

Što se tiče podloge, ustanovljeno je, da podloga od lomljenjaka više ne odgovara današnjem teškom opterećenju. Dobre su se pokazale podloge od tucanika, ugrađene u nekoliko slojeva i bituminozno zatvorene, ili betonske podloge. Pokusima je ustanovljeno, da nosivost 14 cm debele podloge



Slika 5



Slika 6

od tucanika, u koju je uvibriran šljunak i pijesak, odgovara nosivosti normalne 24 cm debele podloge sa lomljenjakom.

Još treba spomenuti pitanje oštećenja od mraza. Posljednjih godina ustanovljeno je, da se oštećenja od mraza pojavljuju i na onim cestama, koje su dosada bile smatrane potpuno sigurnima. To dolazi uslijed toga, što današnji teški saobraćaj djeluje i na one slojeve tla na koje prijašnji saobraćaj nije djelovao. Prema tome ne će preostati drugo nego zatvaranje nekih dijelova cestovne mreže za teška vozila, u vrijeme topljenja snijega.

Nastavno na prikazani referat održao je Böhringer predavanje »Potrebe izgradnje cestovne mreže«, ukazujući na nedovoljnu izgradnju njemačkih saveznih cesta, naročito na nužnost proširenja zavoja, ispravljanja trase, pojačanja zastora i podloga, poboljšanja prijelaza kroz naseljena mjesta i preko željezničkih pruga. Svi ti nedostaci jasno su ilustrirani fotografijama s raznih nepovoljnih mjesta prometa. Slika 4 i 5 prikazuju nizinske ceste s vrlo dobro vođenom trasom i starim kolovozima u odličnom stanju, čija je širina svega 4,5 m. Uz te kolovoze postoje neučvršćeni ljetni putovi, koji moraju preuzeti jedan dio jakog obostranog prometa. Takovo je stanje naravno neodrživo i zahtijeva bezuvjetno proširenje kolovoza na 7,5 m širine.

Još je gore stanje na cestama u planinskim predjelima, gdje su uslijed nepravilno vođene trase potrebne veće rekonstrukcije. Ovdje osim toga obično ne postoje ljetni putovi, uslijed čega jaki promet uništava bankine i rigole, odnosno sav odvodni sistem, jer se po njemu često odvija jedan dio prometa. Napomenute štete vide se iz slika 6 i 7. Slika 8 prikazuje jednu usku saveznu cestu, koja je uslijed postojeće kuće sužena na širinu od 3,0 m.

Naročito je teško stanje na cestama koje nisu saveznog značaja i koje, uz promet od 1 000 vozila dnevno, uz loše vođenu trasu, nedovoljnu odvodnju, i uz preuske kolovoze, obično imaju samo površinsku obradu ili čak vodom vezani makadam.



Slika 7



Slika 8

Stanje na takvim cestama vidi se na slici 9, dok slika 10 prikazuje takvu cestu u uzornom stanju, sa 6 m širokim betonskim kolovozom.

Katastrofalno stanje prometa kroz naseljena mjesta uz 2 000—3 000 vozila dnevno ilustriraju



Slika 9

slike 11 i 12. Slika 13 prikazuje uzorno izgrađeni prolaz kroz grad, s biciklističkim i pješačkim stazama, na kojem se odvija od 5 500 vozila dnevno.



Slika 10

Daljnji problem za cestovni promet su željeznički prelazi u nivou, koji ili uslijed stalno zatvorenih brklji veoma zadržavaju promet, ili — bez brklji — predstavljaju najveću opasnost za oba prometa. Zatim, vrlo slabo stanje podloga, zbog čega dolazi do neprestanih oštećenja od mraza. I konačno, kao što se vidi iz slike 14, čak i njemački autobani teško savladavaju postojeći promet, koji mjestimice doseže do 20 000 vozila dnevno.



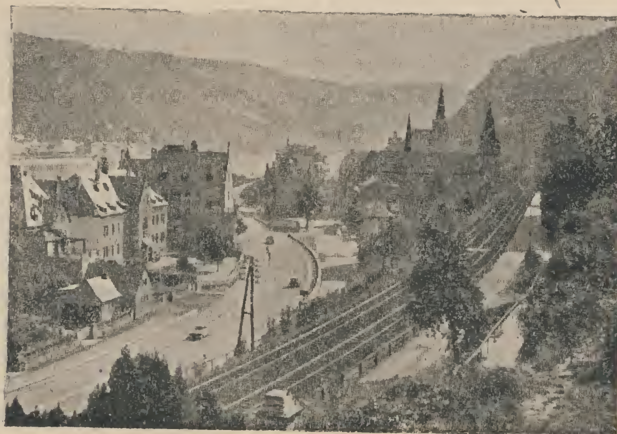
Slika 11

Kod nas često susrećemo mišljenje, da je stanje na cestama u zapadnim zemljama, naročito u Njemačkoj, idealno. Međutim, iz prikazanog elaborata se vidi, da i u Njemačkoj stanje cesta ne ide u korak s razvojem prometa.

Dr. ing. Klingenberg održao je referat »Cestovni mostovi«. Uglavnom daje kritički prikaz raznih sistema upotrebljenih u mostogradnji poslije rata. Kod malenih raspona još se uvijek



Slika 12



Slika 13

upotrebljavaju kameni zasvedeni mostovi, a kod većih raspona vertikalni lučni mostovi, te sve klasične vrste armiranih betonskih mostova kao: ploče, grede s pločama ili okviri. Naročito veliki napredak učinjen je u gradnji mostova s prednapregnutim betonom i u gradnji čeličnih mostova. Kod posljednjih ističu se danas dva sistema. Jedan, koji se sastoji od čeličnih nosača sa spregnutim armiranim betonskim kolovozom, koji je naročitim sponama vezan za nosače. Kod toga je armirana betonska ploča ujedno kolovoz i sastavni dio sistema nosača. Drugi sistem, koji sve više prodire, puni su nosači s ravnim pokrovnim limom. Taj lim se na mjestu armirane betonske ploče zakiva ili zavaruje na sve dijelove čelične konstrukcije, s kojima treba zajednički da djeluje. Dakle, on je sastavni dio uzdužnih, poprečnih i glavnih nosača.

Vožnja na novim armiranim betonskim mostovima svih konstrukcija može se odvijati direktno na konstruktivnom betonu, ako je taj izveden dovoljno gust. Međutim, ipak je bolje i sigurnije ploču prekriti tankim asfaltnih slojem, koji je siguran za promet i lako se održava, a troškovi nisu mnogo veći nego troškovi za izvedbu sasvim glatke betonske površine, po kojoj se inače promet može direktno odvijati bez ikakvog zaštitnog sredstva.

Nekoliko interesantnih novoizvedenih mostova vidimo na slici 2 (dolinski most preko Werre s interesantnom niveletom), na slici 15 (dolinski most preko Werre kod Hedemündena, raspona 64+80+96+96+80=416 m) i na sl. 16 (most preko Dunava kod Untermachtala, od prednapregnutog betona).

Građevinski savjetnik Crantz iz Kölna održao je predavanje »Nove metode za poboljšanje podloge«, u kojem iznosi razne prijedloge za poboljšanje nosivosti tla kao i pojačanje podloge.

Poznato je da između tla, podloge i zastora postoji uska povezanost. Temelj, odnosno noseći dio ceste je temeljno tlo. O njegovoj čvrstoći i moći nošenja, kao i o veličini i vrsti prometnog opterećenja ovisi konstrukcija podloge. Naravno da izvedba podloge ovisi i o ekonomičnosti. S tog sta-

novišta treba se onda odlučiti, da li je jeftinije ostaviti tlo u prirodnom stanju, a podlogu tako dimenzionirati, da tlo ne će biti preopterećeno, ili posebnim mejrama poboljšati tlo, a time izvesti podlogu i kolovoz u manjim dimenzijama. Među mjere za poboljšanje tla spada stabilizacija pomoću bituminoznih, hidrauličkih ili glinenih veziva. Time se ujedno dobiva ravan i profiliran planum za donji stroj, a kod bituminozne stabilizacije se uz to još osiguravaju gornji slojevi od prodiranja vode odozdo. Od velike je važnosti sprečavanje prodiranja većih količina vlage u gornje slojeve tla, što se postizava dobrom odvodnjom cestovnog tijela.

Stabilizacija gornjih 15—20 cm tla isplati se uvijek gdje promet dopušta, da na taj sloj direktno dolazi bituminozni kolovoz.

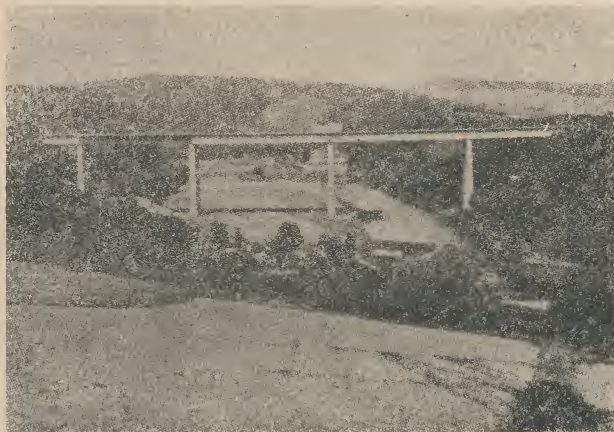
Gdje je stabilizacija pomoću veziva preskupa, trebalo bi pokušati bar jednostavnije načine poboljšanja tla. Takove su mogućnosti: uvibriranje krupnog materijala kao što su otpadni kamen, tucanik ili šljaka, a naročito ako se preostale šupljine ispune pijeskom; zatim nanošenje jednog sloja tucanika, koji se zaliva cementnim mlijekom, cementnim mortom, mekanim bitumenom ili bitumenskim mortom, te lagano uvibrira. Dobar rezultat daje i sloj šljunka, koji mora imati dovoljno sitnih sastojaka, da kod vibriranja ne bi na površini ostali samo krupni dijelovi. Još je bolje, ako se tom šljunku dodaje nešto uglatog materijala, što pojačava upetost, i nešto pijeska za popunjavanje šupljina.



Slika 14

Od novoizgrađene podloge zahtijeva se, da bude nepokretna u horizontalnom i vertikalnom smislu što se postizava dobrom upetošću i minimalnim šupljinama. Osim toga ona mora biti otporna protiv udaraca, što se postizava velikom masom, odnosno dovoljnom debljinom podloge. Konačno, podloga mora osigurati jednolično prenošenje tereta na donji stroj i omogućiti dobru vezu s kolovozom.

Svi ti zahtjevi mogu se postići na različite načine:



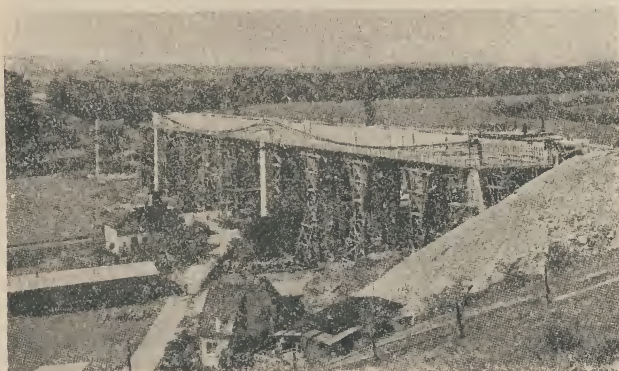
Slika 15

a) Izvedbom podloge od lomljenjaka. Opće je i opravdano mišljenje, da ona spada u slabije podloge. No zbog jeftinoće u kamenim predjelima treba ipak da dođe u obzir, ali tako da se besprikorno izvede, sa što manje šupljina, a to se postizava vibriranjem i popunjavanjem svih šupljina otpacima ili čak cementnim mortom.

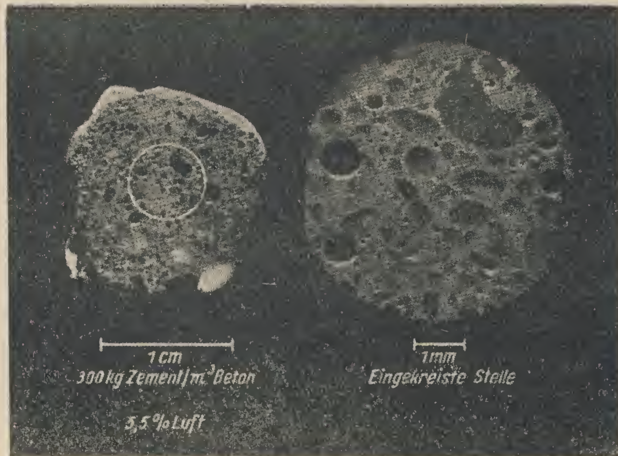
b) Izvedbom podloge, u prvom redu od cementbetona. Ona bi u svakom pogledu bila idealna podloga, ali kod bitumenskih kolovoza ima lošu stranu, da se uslijed stezanja i rastezanja betona u bitumenskom kolovozu iznad fuga pojavljuju pukotine. Da bi se to spriječilo, učinjeni su uspjeli pokusi sa kombiniranom podlogom. Donji dio podloge sastoji se od mršavog betona bez fuga, sastavljen od šljunka sa 150 kg cementa na m^3. Na to dolazi bituminozni medusloj od miješanog makadama ili penetracije, a tek na to dolazi kolovoz.

c) Izvedbom savitljive ili fleksibilne podloge. Ona se sastoji od dva sloja. Donji sloj je dobro uvibrirani tucanik, razne veličine zrna, sa dodavanjem pijeska i šljunka za ispunjavanje šupljina. Gornji sloj je polupenetracija ili miješani makadam.

d) Izvedbom bituminozne podloge. Upotrebom bitumena i u donjim slojevima dobiva se naravno još bolja podloga, ali se time gradnja veoma po-



Slika 16



Slika 17

skupljuje, pa taj način dolazi u obzir jedino kod vrlo loših terena.

c) Izvedbom podloge od šljunka. Ona dolazi u obzir tamo gdje nije jako težak promet, a u blizini imade dovoljno šljunka razne veličine zrna. Naravno da ga treba potpuno uvibrirati i ugraditi sloj dovoljne debljine.

Drugačije stoji stvar kod postojećih cesta, koje više ne odgovaraju današnjem saobraćaju. Tu treba u većini slučajeva na postojeću cestu nadograditi novi sloj, jer je svaki drugi način obično preskup. Time se dobiva veća stabilnost i veća masa, bolja razdioba opterećenja, manja opasnost od mraza i jeftiniji način gradnje. Kod manjih debljina dolazi u obzir samo bituminozni način gradnje, a iznad 15 cm beton. Zbog boljeg osiguranja od mraza može se između starog i novog zastora umetnuti sloj kamenog materijala ili šljake.

Poznato je da se kojiput na nekim mjestima kolovoz stalno kvari, i da onda ne preostaje drugo, nego da se na tom dijelu izbaci postojeća podloga i donji stroj, te ugradi novi materijal. Naravno da je taj postupak vrlo skup. Mjesto toga su neke njemačke firme pokušale da ne odstrane materijal



Slika 18

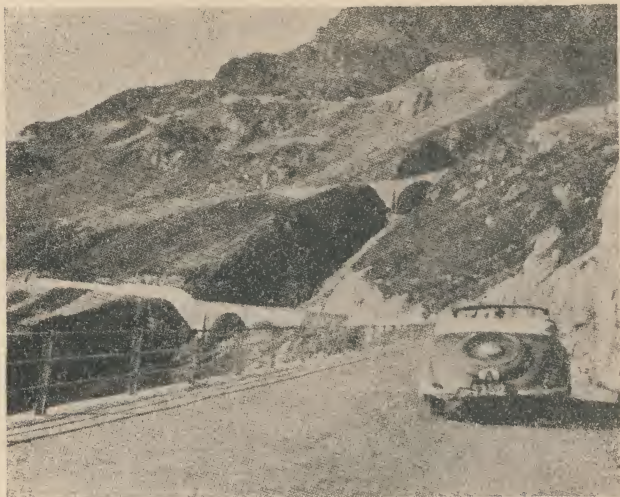
loših mjesta, nego da u njih dodaju nove materijale i time potpuno ispune šupljine, koje se nalaze u tlu, donjem stroju ili podlozi, tako da se dobije čvrsto cestovno tijelo. Postupak je taj, da se kroz kolovoz buše rupe, uvode cijevi do temeljnog tla i kroz njih utiskuju tekućine. Kao tekućine dolaze u obzir cementno mlijeko, cementni mort, vrući tekući bitumen, bitumenske emulzije ili bitumenski muljevi. Taj je postupak tek u povojima i treba sačekati, kakvi će se rezultati postići.

Predavanje »Voda i zrak u betonu za ceste« održao je F. Keil iz cementne industrije Prikazao je prednost koje ima beton sa zračnim porama. Polazi od činjenice, da male količine vode, koje samo vlaže materijal, njemu daju sasvim druga svojstva (na pr. vlažan pijesak, beton i zemlja lijepe) nego veće količine vode (mokar pije-



Slika 19

sak, zemlja mogu teći kao tekućine). Dakle, tanka kožica vode na nekom vlažnom djeliću ima druga svojstva nego tekućine. Nju zovemo pseudočvrstom. Kod pripremanja neke paste ili maziva dovodimo tekućinu u pseudočvrsto stanje, nanašajući ih u tankom sloju na neko čvrsto tijelo. Ulogu čvrstog tijela mogu preuzeti i mjehurići zraka. To se lijepo vidi kod sapunice, koja gubi sva svojstva tekućine i pretvara se u pseudočvrsto tijelo. Svojstva betona su ovisna o količini finog morta, t. j. o volumenu vode, finog brašna (pijesak+cement) i zračnih pora. Dodavajući vode fino brašno i zračne pore presvlače se tankom pseudočvrstom kožicom i pretvaraju se u mazivo. Tek dodavanjem veće količine vode napune se šupljine među zrnima, i mazivo se pretvara u muljevito stanje. Dakle, zračne pore imaju istu ulogu kao i fini materijal, one povećavaju količinu cementne paste i čine je



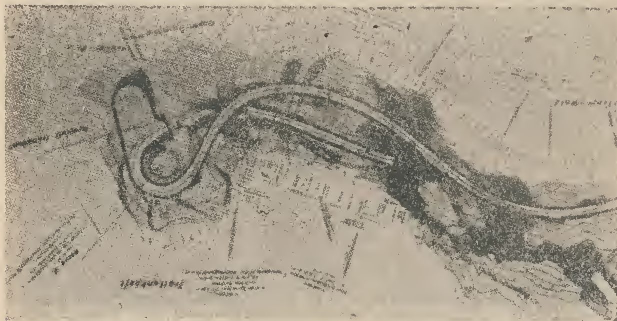
Slika 20

ljepivom, popustljivom i gipkom. Prema tome treba najsitnije čestice agregata, cementa, kao i fine mjehuriće zraka prevući sa što tanjom pseudočvrstom vodenom kožicom. To se postizava dodavanjem tvari čije su površine aktivne i djeluju tako, da stvaraju u betonu zračne pore. Ti su dodaci slični sintetskim tvarima za pranje (Lux, perion) i djeluju tako, da se voda više ne suprotstavlja dodiru sa čvrstim tijelima na taj način, da se pretvara u okrugle kapljice, nego ona postaje na površini lako pokretljiva, pa obavija i čak razdvaja (dispergira) krute čestice. Može se kazati, da voda gubi svoju napetost i čini da se krute čestice lakše ovlaže.

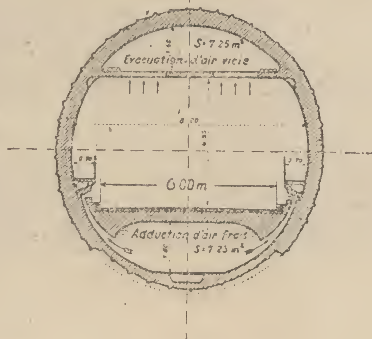
Dakle, u svježem betonu, kome dodajemo tvari za stvaranje zračnih pora, razdvajaju se sitne čestice, i sve čestice cementa mogu da potpuno djeluju. Osim toga se sprečava stvaranje tekuće kapilarne vode, koja uzrokuje najveće nepravilnosti u betonu.

Na slici 17 vidi se sastav morta, u kome ima dodataka za stvaranje zračnih pora, a na slici 18 sastav morta bez tih dodataka.

Dipl. ing. Wallach daje kratak prikaz razvitka alpskih cesta i cestovnih tunela. Velik je napredak postignut u gradnji alpskih cesta od vremena kad je 1899. godine građena cesta u Švicarskoj preko Klausenpassa (sl. 19), koja je još 1924. godine slovila kao moderna, pa do 1945. godine, kad je, također u Švicarskoj, građena Sustenstrasse (sl. 20). Danas se zahtijeva korisna širina kolovoza od 7,5 m, uspon 8—10%,

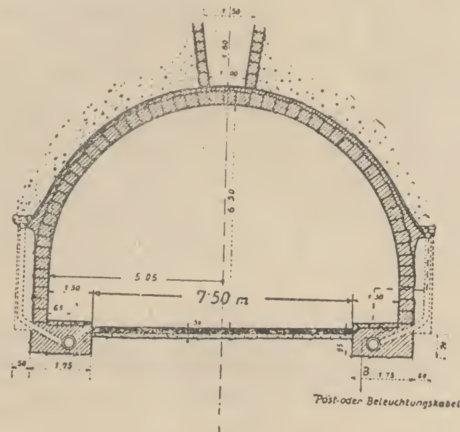


Slika 21



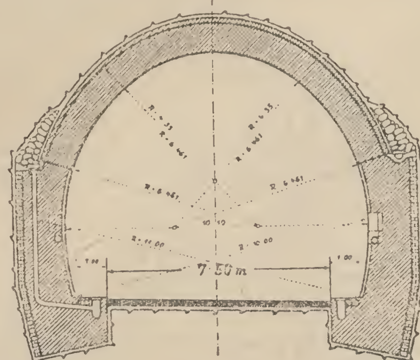
Slika 22

u iznimnim slučajevima 12%, radius u serpentinama treba da je 20 m, u vrlo teškim terenima 15 m ili iznimno 10 m. Trasa treba da i u najtežim terenima teče kontinuirano, kao što se to vidi iz projekta na slici 21.



Slika 23

Ceste koje prolaze najviše prelaze Alpa imaju niz tunela, često zasebne tunele za svaki smjer vožnje. Trake za pojedine smjerove mogu i u vi-

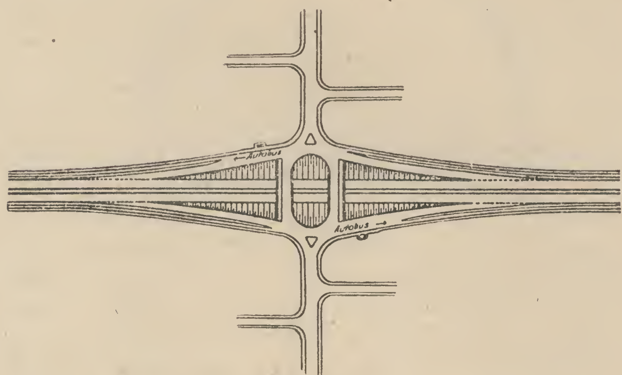


Slika 24

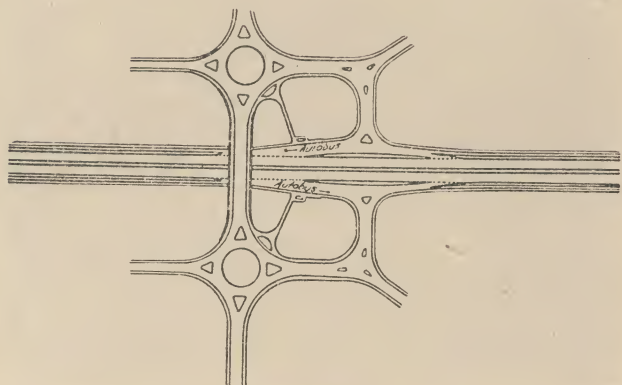


Slika 25

sinskom pogledu biti razdvojene. Sve tehničke poteškoće mogu se savladati uz velike troškove, ali nesavladive poteškoće nastaju u vezi s ogromnim naslagama snijega na cestama iznad 2 000 m visine. (Da bi se na Grossglockneru 1. juna mogao uspostaviti saobraćaj, treba u proljeće odstraniti 350 000 do 750 000 m³ snijega). Prema tome je jasno, da je godišnja uporabivost alpske ceste ovisna o koti njene najviše točke na vododjelnici. Ako se želi osigurati promet kroz cijelu godinu, mora se kota sniziti, pa ne preostaje drugo nego gradnja duljih ili kraćih tunela, koji veoma poskupljuju gradnju.

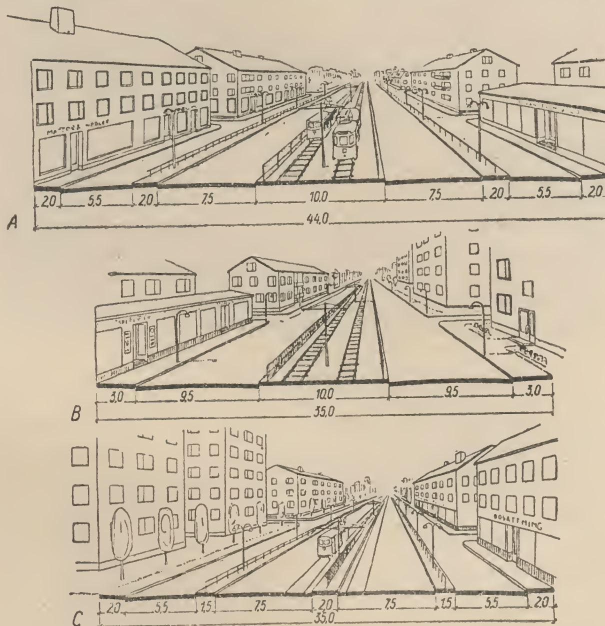


Slika 26



Slika 27

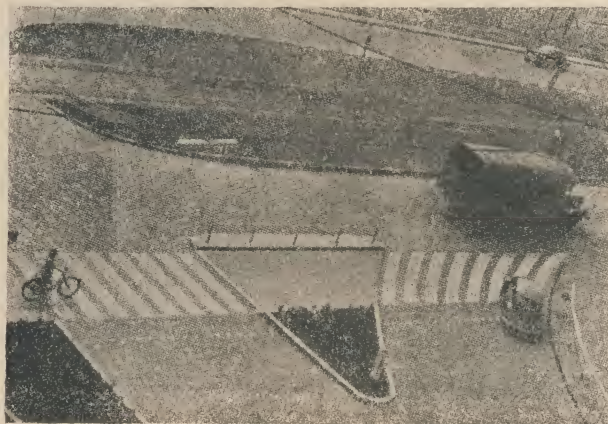
Na cijelom teritoriju Francuske i Švicarske, na dužini od 544 km, nema preko Alpa ni jednog cestovnog prolaza koji je prohodan kroz cijelu godinu. Zato Francuska, Italija i Švicarska planiraju gradnju cestovnog tunela u dužini od 11,9 km



Slika 28

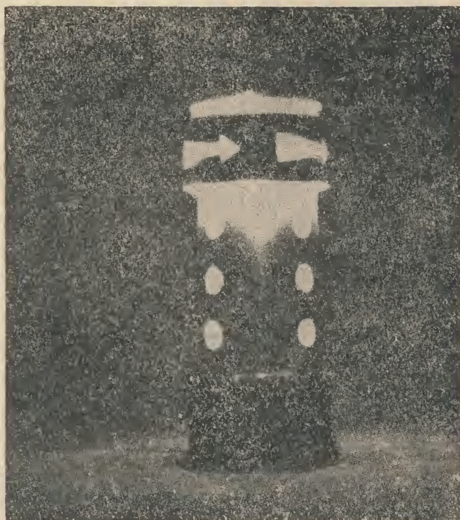
kroz masiv Mont Blanca s najvišom kotom na 1 380 m nad morem i maksimalnim usponom u tunelu od 3,5%. Za svaki smjer predviđena je zasebna cijev. Računa se s godišnjim prometom od 1,3 milijuna osoba u 310 000 vozila i sa 150 000 tona tereta. Ukupni su troškovi procijenjeni na 80 000 000 švicarskih franaka. U početku predviđa se izgradnja samo jedne cijevi.

Kod svih većih cestovnih tunela važno je pitanje zračenja. Količina potrebnog svježeg zraka u sekundi zavisi od profila i volumena tunela, te od srednje brzine vozila koja istodobno voze kroz tunel. Prema tome je granična duljina jako frekventiranih alpskih cestovnih tunela bez umjetnog



Slika 29

zračenja od prilike 500 m. Može se dopustiti u prosjeku 0,8 dijelova CO na 10 000 dijelova zraka, a u momentima najjačeg prometa i do 2,2 dijela CO. Prema tome treba Mont Blanc tunel za svaku



Slika 30

cijev, uz 350 vozila na sat, dovod od 460 m³ svježeg zraka u sekundi. Dovod svježeg zraka je u kanalu ispod kolovoza, a isisavanje zraka u gornjem kanalu; presjek svakog tunela je 7,25 m², u portalima su presjeci nešto veći (Slika 22). Na srednja dva kilometra tunela računa se s temperaturom od 50° C, koji će se dovorom svježeg zraka sniziti na 45° C. U Njemačkoj su predviđene širine tunela od 7,5 m i dovod zraka zasebnim vertikalnim rovovima (Slika 23). Projektant Plattenhorntunela u Švicarskoj planira tunel dužine 2 km. U tunelu je jedna bankina široka 2,0 m predviđena za pješake i stoku, a druga bankina za bicikle, koji voze uvijek nizbrdo. Pad u oba tunela je 8%. Slika 24 prikazuje presjek kroz kratak cestovni tunel bez posebnog zračenja.



Slika 31

Kako su postrojenja za zračenje vrlo skupa, nastojalo se naći način za smanjenje troškova. To se može postići, ako se za oba smjera izgrade zasebni tuneli i u oba vozi samo u padu. Na pr., kod 5% pada može se uštedjeti 2/3 svježeg zraka.

Naročiti problem predstavlja kod alpskih cesta izgradnja prostora za parkiranje vozila na najljepšim vidikovcima, kao što se to vidi na slici 25, koja prikazuje jedno takvo mjesto na Grossglockneru.

Savjetnik Marschall iz Bonna daje kratak prikaz novog zakona o saveznim cestama, koji je stupio na snagu 6. augusta 1953. god., a koji za nas nije od naročitog interesa. Jedino bi možda trebalo naglasiti, da se u tom zakonu pošlo sa stanovišta, da su gradnja cesta i promet na cestama usko povezani i da zavise jedno od drugoga.



Slika 32

Posljednja tri referata bila su više informativne naravi iz raznih krajeva svijeta. Tako je saobraćajni inženjer Bexelius iz Göteborga u Švedskoj govorio o rješenju gradskog prometa u Švedskoj. Tamo se zbog rijetke naseljenosti ne isplati graditi mrežu autoputova kroz cijelu zemlju, nego se oni formiraju tek na ulazu u gradove. Duljina im je samo nekoliko kilometara, ali oni ulaze daleko u unutrašnjost grada.

Na slici 26 i 27 vidi se tip prometnica prvoga reda u izgrađenom gradskom predjelu. Ukrštenja su van nivoa, a računska brzina 80—100 km na sat. Kod prometnica drugoga reda u izgrađenom gradskom području treba da je minimalni razmak između ukrštanja 380—500 m. Ukrštanja su u nivou, s kružnim saobraćajem, a računska brzina 60—70 km na sat. Na slici 28 su presjeci kroz razne gradske ulice.

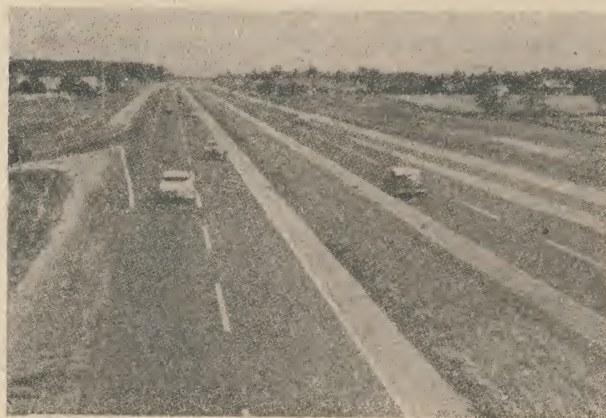
Dipl. ing. Oehm is Essena održao je referat pod naslovom »Planiranje i gradnja modernih gradskih ulica«, gdje se osvrtao uglav-

nom na izgradnju potpuno porušenog grada Essena i Kruppovih tvornica. U vezi s time opširno govori o zadacima saobraćajnog inženjera.



Slika 33

Za brzo i sigurno odvijanje gradskog prometa postoje mnogi detalji, na koje saobraćajni inženjer mora obraćati pažnju. Da spomenemo samo nekoliko: pravilno vođenje ivičnjaka na zavojima, svrsishodno označivanje ivičnjaka i kolovoza sa crtama vodilicama, pravilna izgradnja saobraćajnih ostrva (slika 29), označivanje pješačkih prelaza, svjetleće oznake ostrva (slika 30), prometni znaci, biciklističke staze, svrsishodna i dovoljna rasvjeta, mjesta za parkiranje i njihovo zasađivanje zelenilom (slika 31).



Slika 34

Konačno je dipl. ing. Heller iz Bonna dao u referatu »Promet i ceste u SAD« prikaz naučnog putovanja grupe petorice njemačkih inženjera u SAD. Iz tog referata navest ćemo nekoliko interesantnih podataka i slika.

Američka cestovna mreža ima 5,14 milijuna km. Od toga 1/10 otpada na državne ceste prvog reda (Primary State Highways), koje gotovo sve imaju tvrdi kolovoz, dok je to kod ostalih cesta provedeno sa 50%. Jedna trećina državnih cesta ima svega 6,0 m širine, 11 600 km ima 4 saobraćajne trake, a od toga 4 600 km srednji zeleni pojas. Sistem ukrštavanja van nivoa nije u potpunosti proveden.

Expressway-sistem uvodi se u središtu gradova, gdje se naročita pažnja posvećuje pravilnom izvođenju ukrštavanja (slika 32). Da se taj sistem može izgraditi, moraju se često rušiti postojeće zgrade



Slika 35

na velikom prostoru, kao što je to slučaj u Bostonu (slika 33). Velik dio tih cesta izgrađen je na skupim dvospratnim mostovima. U planu je izgradnja 64 000 km dugačke nove mreže, koja treba da spaja sve glavne gradove i industrijske predjele. Kao početak tog plana je gradnja t. zv. Turnpikes, od kojih je 752 km pod prometom, 623 km u gradnji i 1 973 km se projektira. Za gradnju Turnpikesa investirano je 1952 godine cca 1 000 000 000 dolara (slika 34 i 35).

Na tom savjetovanju održali su referate još prof. dr. Garbotz i dr. ing. Wehner iz Lübecka, koji je također sudjelovao u gore navedenom putovanju. On je održao referat pod naslovom »Gradnja i dimenzioniranje bituminoznih zastora za teški saobraćaj u SAD«. Izvatke iz tih referata dat ćemo u jednom od narednih brojeva.

EVROPSKA KONFERENCIJA O STABILNOSTI KOSINA

U okviru Međunarodnog društva za mehaniku tla i fundiranje održavaju se povremene regionalne konferencije posvećene posebnim problemima mehanike tla i fundiranja. Pred 2 godine održana je takova konferencija posvećena nosivosti šipova u Parizu. Ove godine između 20 i 25 septembra održana je konferencija o stabilnosti pokosa u Stockholmu. Konferenciji je prisustvovalo 70 pozvanih delegata nacionalnih društava za mehaniku tla i fundiranje iz 13 evropskih zemalja. Iz naše zemlje prisustvovali su prof. D. Krsmanović, prof. dr L. Šuklje i ing. E. Nonveiller.

Švedski stručnjaci mnogo su doprinijeli osnivanju nauke o mehanici tla i njenom daljnjem razvoju. Specifičnosti švedskih tala, koja se velikim dijelom sastoje od vrlo osjetljivih kvartarnih glina, nametnula su inženjerima u toku izgradnje teških objekata mnoge probleme i uzrokovala poneku katastrofu većeg stila. Naravno je, da su inženjeri pod takovim uvjetima morali detaljnije riješiti postavljene im probleme, jer tada uobičajene jednostavne približne metode nisu očito bile dovoljno točne. Bilo je mnogo velikih klizanja kod građenja i održavanja željezničkih pruga, za čije rješenje je formirana Geotehnička komisija Švedskih državnih željeznica, koja je razradila neke laboratorijske metode ispitivanja tla. Rušenje novog keja u Gothenburgu marta 1916 godine dalo je povoda opsežnim studijama problema stabilnosti pokosa, za koje su vezana poznata imena Pettersona, Hultina i Felleniusa. Oni su dali osnovno rješenje stabilnosti pokosa uz pretpostavku kružnih kliznih ploha, koje je kasnije općenito prihvaćeno i dalje razvijeno, a i danas je temelj statičkih proračuna stabilnosti pokosa. Bilo je dakle prirodno, da je Švedsko geotehničko društvo stavilo na dnevni red upravo onaj problem koji je Švedsku kroz sve ovo vrijeme zanimao i koji je i danas ondje vrlo aktuelan.

Konferenciji je podneseno 29 referata, podijeljenih u ove grupe:

1. Opća teorija stabilnosti pokosa,
2. Stabilnost kosina od zasićene gline bez pukotina,
3. Klizanje u osjetljivim glinama,
4. Stabilnost pokosa u glini s pukotinama,
5. Utjecaj temeljne vode na stabilnost pokosa,
6. Stabilnost nasutih brana.

Iz naše zemlje podnesena su 2 referata iz grupe 5:

Krsmanović: Iskustva o stabilnosti pokosa stečena na gradnji ceste uz akumulaciono jezero Jablanica na Neretvi,

Nonveiller — Šuklje: Klizište Zalesina.

Umnoženi referati dostavljeni su svim učesnicima prije konferencije, tako da je na konferenciji bila moguća uspješna diskusija o svim nabačenim problemima bez gubitka vremena izlaganjem samih referata. Diskusija održana po grupama referata bila je vrlo plodna.

Vrlo živa diskusija vođena je oko načina definicije faktora sigurnosti pokosa, naročito između prof. Fröhlicha (Beč) i pristaša definicije sigurnosti po Felleniusu. Fröhlich stvarnom opterećenju dodaje silu, koja povećava momenat što djeluje na pokrenute mase do te mjere, da naprezanje u kliznoj plohi dosiže čvrstoću za smicanje; sigurnost izražava kao odnos povećanog momenta prema momentu stvarnog opterećenja. Po Felleniusu sigurnost je definirana odnosom između čvrstoće tla za smicanje prema naprezanju u kliznoj plohi, potrebnom da se masa održi u ravnoteži. Nije došlo do zajedničkog stava po tom pitanju, a može se primijetiti, da se u mehanici tla još uvijek neke stvari simplificiraju i preko opravdanih granica, pa se kod promatranja sigurnosti padina ne uzimaju u obzir posljedice deformacije masa ni kod nehomogenih pokosa, sastavljenih od raznorodnih materijala, što ne može dati ispravne rezultate.

Diskutirano je također o obliku klizne plohe. Frontard zastupa mišljenje, da kružna klizna ploha nije u skladu s teoretskim ispitivanjima o raspodjeli naprezanja u tlu nego ima oblik cikloide. Opažanja u prirodi pokazuju, da je kružna klizna ploha samo aproksimacija, jer se na svim klizištima mogu u pokrenutim masama opaziti pukotine i deformacije, koje ne bi nastale, da masa kliže po krugu. Ipak prevladava mišljenje, da razlika između kruga i cikloide nije velika, a za proračune u praksi kružni oblik klizne plohe ima mnogo prednosti. Na temelju rezultata ove konferencije stiče se dojam, da se raznim duhovitim postupcima nastoji naći praktične metode proračuna uz teoretske pretpostavke, koje su ispunjene samo iznimno. Pretpostavka Rankine-ove teorije, da sipka masa uz neizmjerno male deformacije prelazi iz aktivnog u pasivno stanje naprezanja, ne odgovara stvarnosti, pa se kod određivanja naprezanja i sila koje djeluju u tlu ne smiju zanemariti deformacije. Odnos između deformacija i sila nije još dovoljno ispitan i ne uzima se u obzir, a može biti od velikog utjecaja na rezultate proračuna, naročito u nehomogenim zemljanim tijelima, kao što su velike nasute brane, kod kojih je poznavanje stvarne sigurnosti od presudnog značenja.

Iz referata A. F. Samsioe vidi se, da klizne plohe u nasutim branama mogu biti i konveksne prema gore, a ne kružne, što je potvrđeno najnovijim ispitivanjima na modelima, koja je ing Nonveiller prikazao u diskusiji. Prema tome nastaju tokom klizanja velike deformacije unutar kližuće mase, čiji upliv na raspodjelu naprezanja, položaj i oblik klizne plohe se ne smije zanemariti.

Diskutirano je o utjecaju vode na čvrstoću glinovitog materijala i stabilnosti pokosa. Voda djeluje u dva smisla: strujanjem kroz pore nastaje sila mase — strujni tlak — koji otklanja gravitaciono polje; kod naglih promjena opterećenja, koja mijenjaju volumen tla, voda preuzima dio dodatnog opterećenja, onemogućujući stvaranje odnosnog otpora i prirast čvrstoće smicanja, što može dovesti do kritičnog narušavanja ravnoteže. Ovaj problem tretiran je u referatu A. Mayera i P. Habiba na osnovu laboratorijskih pokusa. No njihovi zaključci nisu u skladu s mjerenjima, koja su izvršena u branama USA za vrijeme naglih promjena vodostaja u akumulacionim basenima.

Za vrijeme kongresa priređene su dvije ekskurzije. Prva je obišla nekoliko velikih klizišta na putu između Gothenburga i Stockholma. Tlo se u ovom području sastoji od glina taloženih u moru, koje su naknadno izdignute na sadašnju visinu. Klizanja su nastala na vrlo blagim padinama, naglo, bez vidnih vanjskih uzroka. Vjerojatno je povremeni porast tlaka porne vode uzrokovao smanjenje čvrstoće za smicanje do kritične granice, kada je pokos postao nestabilan. Moguće je, da je postepeno ispiranje morske soli s time uslovljenim promjenama koloidnih osobina tla smanjilo čvrstoću tla za smicanje. Ovo norveški stručnjaci smatraju uzrokom raznih klizanja u području Oslo-a.

Druga ekskurzija priređena je u Upsalu, gdje su učesnicima prikazane savremene sprave za sondiranje u mekom sedimentnom tlu. Treba naročito istaći visoki stupanj savrčenstva, koje je Švedski geotehnički institut postigao u vađenju neporemećenih uzoraka tla. Naročiti uređaj, u kojem se uzorak oblaže veoma tankim mekim čeličnim folijama, omogućuje vađenje

neporemećenih uzoraka u jednom komadu do 25 m duljine. Pred učesnicima je u roku od 15 min izvađen uzorak duljine 5 m. Uzorci su potpuno neporemećeni, što se vidjelo na tragovima uslojenosti tla, koji ni uz rubove nisu nimalo deformirani. Prikazan je usavršeni uređaj za brzo određivanje penetracionog otpora, koji ga automatski i kontinuirano registrira. Uređaj je montiran na kamionu i lako prenosiv. Prikazani su razni uređaji za određivanje otpora za smicanje tla »in situ« i uređaji za vađenje uzoraka iz pjeskovitog i šljunkovitog tla. Svi ovi uređaji projektirani su i izrađeni u radionama Instituta, potpuno su mehanizirani i automatizirani, pa postižu odličan kvalitet rada i imaju veliki kapacitet.

Direktna razmjena gledišta između stručnjaka na ovakovim konferencijama vrlo je korisna za daljni razvoj istraživačkog rada. Neposrednim dodirom i diskusijom dobiva se uvid u najnovije tekovine istraživanja, dostignuća i zaključke pojedinih stručnjaka, koji su od veoma velike koristi za pravilno usmjeravanje daljnjih istraživanja i za pravilnu primjenu postignutih rezultata.

Priređivački odbor Švedskog geotehničkog društva uložio je mnogo truda, da konferencija što bolje uspije. Delegati su vrlo srdačno primljeni i imali su prilike da uspostave mnogo korisnih međusobnih veza, a također da upoznaju kulturu, običaje i način života u Švedskoj.

N. E.

Stručne diskusije

Kritičnim osvrtom ing Martinisa i odgovorom ing Čalogovića otvaramo novu rubriku u našem časopisu pod nazivom »Stručne diskusije«. Držimo da su takve diskusije vrlo korisne i pozivamo naše čitaoce i saradnike da sarađuju u toj rubrici.

Uredništvo

OSVRT NA ČLANAK ING. M. ČALOGOVIĆA

Armirani betonski cijevni vod H. E. »Nikola Tesla«, Građevinar broj 2, Zagreb, april 1954

Ing. **Marcel Martinis**, Zagreb

Prema spomenutom članku ustanovljen je prilokom pregleda novosagrađenog armiranog betonskog cijevnog voda veći broj pukotina, koje su puštale vodu. Sve te pukotine imale su poprečni smjer i javljale se isključivo na mjestima spojeva cijevi. Nije primjećena nikakva pravilnost nastalih pukotina na obodu cijevi. Bilo ih je po cijelom obodu, bilo ih je samo u gornjem ili donjem dijelu cijevi ili sa strane. Nakon saniranja pukotina znatno su se umanjili gubici vode.

Prilikom daljnjih pregleda nađene su pukotine u daleko manjem broju, pa su opet na isti način zatvorene. To je ponovljeno nekoliko puta.

Kako iz članka proizlazi, pukotine su bile znatne; vjerojatno su prouzrokovale (ukoliko se može razabrati iz nedovoljnih podataka) osjetne građevinske troškove, gubitak vode i odlaganje s početkom rada hidroelektrane. — Svakako, nepotrebna ekonomska šteta.

Kako je izgradnja hidroelektrana jedna od najvažnijih kapitalnih investicija, koja će za duži niz godina predstavljati jednu od glavnih pozicija u našem narodnom gospodarstvu, imperativno se nameće potreba, da se detaljnije ispitaju uzroci pojava pukotina u H. E. »Nikola Tesla«, to više, što u konkretnom slučaju svaki litar gubitka vode predstavlja gubitak od cirka 5 K. S. 500 m pada vode.

Ta je analiza svakako potrebna, da bi se ubuduće izbjegle moguće neželjene pojave. Problem ima veliko ekonomsko značenje i za ostalo građevinarstvo.

Tumačenje Ing. Č., da je jedan od vjerojatnih uzroka nastajanja pukotina na spojevima taj, što su zbog kratkoće vremena spojevi morali biti izvedeni za vrijeme toplog vremena ili prerano nakon betoniranja susjednih sekcija nije dublje obrazloženo i stoga ne može biti dovoljno uvjerljivo kao glavni uzrok.

Analizirajmo problem opširnije. Mnogobrojni su uzroci nastajanja pukotina kod armiranih betonskih cijevi:

1) netočni podaci, pogrešne pretpostavke po kojima je izveden projekt;

2) neispravnost projekta (statički faktori),

3) manjkava izvedba projekta (izvedbeni nedostaci),

4) relativno loš upotrebljeni materijal (beton, željezo i voda),

5) nestručna ugradba materijala i postupanje s betonom nakon ugradbe.

6) relativno nepovoljne klimatske i atmosferske prilike, itd.

Glavni faktori koji mogu prouzrokovati vlačna naprezanja u smjeru osi cijevi:

a) Vlačna naprezanja od opterećenja u presjeku cijevi, stežu cijev u smjeru osi.

Po piscu članka je vlačno naprezanje u ravnini presjeka σ max = 14 kg/cm², iz kojeg se dobiva specif. produženje, tangencijalno na periferiji $\varepsilon = \sigma/E = 14/150\,000 = 0{,}93 \times 10^{-4}$ Usljed toga nastaje stezanje paralelno sa osi cijevi $\varepsilon_0 = \sigma/mE$.

Poissonov broj za beton $m = 7$

$\varepsilon_0 = 0{,}0133 \times 10^{-3}$.

Prema tome bi bilo ukupno stezanje za dužinu sekcije (dijela voda) 35 metara: $S = 0{,}0133$ mm/m $\times 35_m = 0{,}47$ mm.

$\sigma_0 = 1{,}33 \times 10^{-5} \times 150\,000$ kg/cm² = 2 kg/cm².

Tlačna sila u cijevi s presjekom 2.39 m²:

$T = 2$ kg/cm² $\times 2{,}39 \times 10^4$ cm² = 47,8 t.

Vrijednost E = 150 000 kg/cm² odgovara stanju betona kod pojava pukotina. Kad bi se uzeo manji E, dobila bi se veća specifična i ukupna deformacija, dok bi naprezanje i T ostali isti.

Ako se ne bi uzela u obzir armatura u presjeku, dobilo bi se:

Vlačno naprezanje $\sigma_v = pd/2s = 3 \times 280/2 \times 25 = 16{,}8$ kg/cm² (s = debljina cijevi = 0,25 m).

Uzimajući u obzir debljinu cijevi, dobilo bi se $\sigma_v = 15{,}48$ (min) — 18,48 (max) srednja vrijednost $\sigma_v = 16{,}98$ kg/cm².

Tlačno naprezanje paralelno s osi cijevi $\sigma_0 = 16{,}8/7 = 2{,}4$ kg/cm². $\varepsilon = 2{,}4/150\,000 = 0.016 \times 10^{-3}$.

Apsolutno stezanje $S = 0{,}016 \times 10^{-3} \times 35$ m = 0,56mm sila stezanja uslijed pritiska vode $T = 2.4$ kg/cm² $\times$ 2,39 m² = 57,36 t.

Dakle, za ~ 10 t veća tlačna sila nego kod pretpostavke od $\sigma = 14$ kg/cm².

b) Sniženje, koje nastaje od promjene temperature. U članku nije navedena temperatura vode i zraka, a ni temperatura montiranja. Pretpostavit ćemo temperaturu vode 6° C, temperaturu cijevi 18° C, koeficijent rastezanja betona $\alpha = 10^{-5}/1^0$ C.

$\varepsilon_t = 10^{-5} \times 12 = 0{,}12$ mm/m.

Na sekciji od 35 m dolazi promjena dužine od $0{,}12 \times 35 = 4.2$ mm.

$\sigma^t = 12 \times 10^{-5} \times 150\,000$ kg/cm² = 18 kg/cm².

Aksijalna sila od temperature $T = 18$ kg/cm² $\times$ 2,39 m² = 430.2 t.

c) Stezanje betona uslijed sušenja je treći važni faktor.

Pošto stezanje raste sa starošću, uzeto je da nakon 40 dana iznosi $\varepsilon_s = 0{,}09$ mm/m. što odgovara naprezanju $\sigma_s = 0.09 \times 10^{-3} \times 150\,000$ kg/cm² = 13,5 kg/cm².

Apsol. stezanje $s = 0\,09$ mm/m $\times$ 35 m = 3,15 mm.

Aksijalna sila $T = 13.5$ kg/cm² $\times$ 2,39 m² = 322 65 t.

d) Uslijed trenja između vode i cijevi nastaje puzanje pojedinih sekcija i mogući uzrok aksijalnih vlačnih sila. Može se zanemariti ovaj upliv.

Ukupna deformacija iznosila bi od:

		aksijalna sila
a) opterećenja	$\varepsilon_0 = 0{,}016$ mm/m,	57,36 t,
b) temperature	$\varepsilon_t = 0{,}12$ mm/m,	430,20 t,
c) stezanja uslijed sušenja	$\varepsilon_s = 0{,}09$ mm/m,	322,65 t
Ukupno	$\varepsilon = 0{,}226$ mm/m	810.21 t

Vrijednost deformacije može narasti na približno 2 puta koliko je granična vrijednost deformacija od vlaka u betonu, koja iznosi 0,1—0,15 mm/m, a koja je oko 10% od granične vrijednosti kod tlaka.

Navedenoj slobodnoj deformaciji protivi se trenje na podlozi, sa strane i na sastavcima, i o njihovu odnosu zavisit će veličina vlačnih naprezanja u betonu. Stoga je potrebno ustanoviti veličinu trenja.

a) *Trenje između* cijevi i izolacionog sloja.

Težina cijevi (2,80 m + 0,27 m) 0 27 m $\times \pi \times$ 2,5 t/m³ = 6,53 t/m

Voda 1,42 m² $\times$ 3,14 $\times$ 1 t/m³ = 6,15 t/m

Težina nasute zemlje visine 2,00 m (zanemareno neznatno vertikalno trenje između nasute zemlje i bokova

3,30 m $\times$ 2 m $\times$ 1,7 t/m³ = 11 22 t/m

Ukupno 23.90 t m

Trenje (u članku nije naveden koeficijent trenja) 30% $\times$ 23,9 t/m = 7,17 t/m.

b) Trenje između bočne strane zemlje i gornjeg nasipa kao i između cijevi i nasipa iznosi zajedno 8.57 t/m.

c) Trenje na sastavcima

$T = d\,\pi . a . p . \mu$, $a = 60$ cm/2, $p = 3$ kg/cm², $d = 330$ cm $\mu = 0{,}50$ (između betona i betona), $T = 46.63$ t

Na sekciju dolazi trenje $T = 46.63$ t + (7.17 + 1.4) t/m $\times$ 35 m/2 = *196.63 t*.

U presjeku kod sastavaka, naprezanje bez željeza je $\sigma = 196{,}63$ t/2,39 m² = 8,23 kg/cm².

Kako se vidi, u I. fazi, prije pojave pukotina na sastavcima naprezanje kod sastavaka je najveće i iznosi oko ½ čvrstoće vlaka, dok prema sredini opada na nulu. Obratno u drugoj fazi, poslije pojave pukotina, nastaje protivno gibanje cijevi i naprezanje raste prema sredini.

Veća visina nasipa, veća prostorna težina zemlje (napr. mokra uslijed kiše), veći koeficijent trenja od pretpostavljenog od 0,30, povećani hidrodinamički tlak, sve to povećava trenje, a time i vlačna naprezanja.

S druge strane, pisac navodi, da je u laboratoriju dobivena vlačna čvrstoća za savijanje poslije 7 dana 20 kg/cm², t. j. oko 10 kg/cm² za čisti vlak. Ali ta laboratorijska čvrstoća može biti daleko od čvrstoće na gradilištu. Na to upućuje i članak, po kome je bilo segregacije betona i da se moralo naknadno pneumatski žbukati zbog lošeg betona.

Prema tome, apsolutno ne ostaje drugo, nego da se upliv faktora koji prouzrokuju stezanje uslijed sušenja i temperature što više ublaži.

Mnogobrojni faktori utječu na stezanje: sastav betona, izrada i postupak, primjese u vodi, režim vlage i temperature prilikom stvrdnjavanja, nastala eksotermička toplina prilikom stvrdnjavanja itd. Najveći upliv ima količina i vrst cementa. Smanjenje količine cementa i vodocementnog faktora, pravilan granulometrijski sastav, što gušći beton, što veći modul elastičnosti i gustoća kamenog agregata, upotreba krupnijeg pijeska na mjesto sitnijeg — sve to umanjuje stezanje. Veća gustoća betona (time i veća vlačna čvrstoća) povećava njegovu rastegljivost, kao i dodavanje hidrauličnih primjesa (hidraulično vapno, tras i td.)

Konačno, i armatura smanjuje stezanje. U Considerovim ispitivanjima produljenje armiranih maltera bilo je 10 i više puta veća od granične rastegljivosti bez armature, dakle do 2‰. Deformacije armiranog betona prije pojave pukotina su 3—4 puta veće od nearmiranih i kod istih koeficijenata armiranja, tanji ulošci daju bolje rezultate. Drugi istraživači daju druge rezultate, ali ako ispitivanja nisu dala jednake kvantitativne veličine, ipak su kvalitativno pokazala utjecaj armature. Mnogobrojni faktori utječu na to, pa se rezultati teško mogu slagati.

Armatura sama po sebi ne mijenja čvrstoću i deformacijska svojstva betona, ali pogoduje boljoj raspodjeli naprezanja i time odlaže pojavu pukotina. Umanjuje također deformaciju betona od puzanja.

Skraćenje armiranog betonskog elementa uslijed stezanja, bit će manje nego nearmiranog.

Stezanje se umanjuje ako raste postotak armature. Naprezanje u betonu doduše raste koeficijentom armiranja i koeficijentom stezanja, ali ne proporcionalno s koeficijentom armature. Ako se uzme $\sigma_b = 15$ kg/cm² (vlačna čvrstoća betona)

$n = 2\,000\,000/50\,000 = 40$ za elemente napregnute na čisti vlak i kod razaranja betona

za elemente napregnute na čisti vlak i kod razaranja ranja betona

$$\varepsilon_s = 0{,}15 \times 10^{-3},$$

dobije se $\mu = 5\%$, t. j. može se armirati do 5% bez pogibelji da se prekorači graničnu rastegljivost i vlačnu čvrstoću.

Pukotine koje nastaju od opterećenja (a ne stezanja) povećavaju se s naprezanjem armature i sa

dijametrom, s umanjenjem prijanjanja i sa procentom armiranja.

Pri velikom procentu broj pukotina se povećava, ali zato one postaju manje.

Iz gore navedenoga slijedi, da se pojedine sekcije imaju u smjeru osi uzdužno armirati tako, da se stezanje može obaviti bez pogibelji pojavljivanja pukotina. Mora se pritom znati, da će stezanje prvih mjeseci biti najjače. Dobro raspoređeno armiranje usporava u stanovitoj mjeri pojavu prvih pukotina.

Prema članku, uzdužna armatura je jednolično raspoređena u smjeru osi cijevi i iznosi 50 cm^2. tako da procenat armature = 0,21.

Ako se uzme trenje od $196{,}63^t$ i $\sigma_z = 2\,000$ kg/cm^2 (ispod granice razvlačenja) dobije se presjek uzdužnog željeza $f_ž = 98{,}32$ cm^2, vlačna naprezanja betona u smjeru osi, uzevši uobzir armaturu $\sigma = 196\,630$ kg: (23 900 cm^2 + 20 × 98,32 cm^2) < 7,6 kg/cm^2, a odatle $\mu = \sim 0{,}40\%$.

Prema tome je uzdužno armiranje trebalo uzeti barem dva puta toliko. Ako to usporedimo s visokogradnjom, gdje su prilike obzirom na dilataciju mnogo povoljnije, dobivamo na pr. za ploču raspona 3 m i 1 000 kg/m^2 opterećenja $\mu = 0.1\%$, t. j. neveliku razliku prema uzetom $\mu = 0{,}21\%$.

Prema piscu, poduzete su razne mjere, da se onemoguće pukotine: dužina sekcije uzeta je 35 m (inače su izvedene i do 80 m), spojeve se nastojalo izbetonirati pri niskoj temperaturi, trenje između podloge i cijevi nastojalo se što više smanjiti, upotrebljen je drobljeni agregat u četiri frakcije do 3 cm∅, upotrebljena je marka cementa što manjeg stezanja i veće čvrstoće vlaka, pneumatska žbuka, razmotren je utjecaj temperature i stezanja, cijev računata nepovoljno obzirom na vlak (s tlakom zemlje, ali bez vodenog tlaka) i t. d.

To su sve postupci, koji u slučaju stvarne izvedbe umanjuju pukotine, ali u ovom konkretnom slučaju one su se ipak pojavile.

Specifično rastezanje (stezanje) bilo bi konstantno za cio elemenat, bez obzira na presjek, prema kojem se beton rasteže ili steže, prema tome bilo bi naprezanje konstantno, ukoliko je otpor protiv rastezanja ili stezanja konstantan na cijeloj dužini i kvalitet materijala homogen.

U ovom konkretnom slučaju daje trenje otpor, koji je nejednak po dužini. U sredini u prvoj fazi ne može biti naprezanja (po Ing. Č. ovdje je najveće naprezanje), jer u sredini nema trenja. Naprotiv, prema krajevima sumira se trenje, t. j. otpor, koji sprečava beton da se slobodno steže, i time nastaju sve veća vlačna naprezanja. I ovdje se oko spojeva moralo javiti mnogo više pukotina, kako su se i javile. Dakle, baš kod sastavaka imalo se pojačati armiranje. Tek nakon pojava pukotina na sastavcima nastaju veća naprezanja u sredini i obratno kretanje cijevi.

Neispravno je tvrđenje pisca, da armatura ne može spriječiti nastajanje pukotina i ne može sudjelovati kod stezanja, da se prilikom stezanja armatura ne mijenja, čak da armatura pogoduje stvaranju pukotina. Baš protivno je točno, što proizlazi iz čitavog gornjeg izlaganja.

Također je neispravna tvrdnja, da bi kod pukotina (gdje je prekoračena čvrstoća vlaka 15 kg/cm^2) naprezanje željeza moralo biti 7 500 kg/cm^2, dok je stvarna srednja vrijednost oko 300 kg/cm^2. Ako se računa po stadiumu II naprezanje željeza kod pojava prvih pukotina u savijenoj gredi, onda se dobije kod $\mu = 0{,}5$—1% $\sigma_ž$ = 800—1 300 kg/cm^2. Naprezanja armature, računata po klasičnoj teoriji, mnogo su veća od stvarnih naprezanja, ustanovljena mjerenjem deformacije. Naprezanja kod razaranja greda po koji put prekoračuju granicu popuštanja željeza.

Ako se skoro poslije izvedbe spojeva propusti voda, to će beton dilatirati (nabujati), a spojevi ne će imati vremena da se stežu, što će uveliko spriječiti postajanje pukotina. Suhi beton upije za 1 dan toliko vode, koliko vlažan beton (relativna vlaga zraka 50%) izgubi tokom ½ mjeseca. Dakle, kod ispravne izvedbe, puštanjem vode morala se situacija s pukotinama poboljšati.

Iz svega izloženog izlazi, da je glavni uzrok pojava pukotina svakako nedovoljna količina uzdužnog armiranja.

Iz članka se zaključuje, da je bilo pogrešaka i kod ugradnje betona, da se nije obraćala dovoljna pažnja mogućim uzrocima pojave pukotina (znakovi segregacije i poroznosti betona, nedovoljno nabijanje i t. d.).

Ovom prilikom treba istaknuti, da svaki građevinski problem ima svoje vlastite specifičnosti i traži stanovito minimalno izvedbeno vrijeme, koje ništa ne može skratiti. Inače nastaju nedostaci. Betoniranje sastavaka tražilo je što nižu temperaturu cjevnog voda, ne veću od temperature vode i neodložno nasipanje, da se izolira što prije vod od eventualnog povišenja temperature zraka. Treba i cjevnom vodu dati vremena da se steže uslijed sušenja, što može trajati i preko 6 godina, ali je u prvoj godini najveće i poslije se asimptotski povećava.

Konačno, i za betoniranje treba imati stanovitu praksu, a kvalitetni rad traži kvalificiranu radnu snagu.

ODGOVOR NA DISKUSIJU ING. MARTINISA

Ing. **Marko Čalogović**, Zagreb

Diskutant (Ing. Martinis) osvrće se na pukotine u cijevnom vodu Lič i pokušava objasniti uzroke, koji su do njih doveli.

Cijevni vod Lič sa svojih 5 km dužine i unutrašnjim promjerom od 2,8 m spada među najveće objekte te vrste u svijetu. Iz literature se može vidjeti, da su se praktički kod svih sličnih objekata pojavile pukotine. Treba istaknuti, da ovdje pukotine ne predstavljaju slabljenje konstrukcije kao takve, da su one normalna pojava, i da se s njima već unaprijed računalo, i to kako od strane projektanta tako i izvođača. Uostalom, jasno je, da se kod monolitnog objekta od 5 km dužine moraju javiti pukotine već i kao posljedica temperaturnih razlika. Projektom su predviđene, a kod izvedbe ostvarene, mjere za smanjene tih pukotina na minimum. Jedino efikasno sredstvo za eliminiranje pukotina — izvedba dovoljnog broja dilatacionih reški — osim što bi znatno poskupilo izvedbu, nije došlo u obzir zbog poteškoća kod izvedbe i nabave potrebnog materijala za brtvenje; uz to bi

se kod tako velikog broja dilatacija morali svakako očekivati i stanoviti gubici vode na tim mjestima.

U cijevni vod Lič je ugrađeno preko tisuću tona betonskog čelika. Ing. Martinis tvrdi, da je trebalo predvidjeti jaču armaturu. Ta se tvrdnja zasniva na pogrešnim razmatranjima, kao što je dolje izloženo. Osim toga, troškovi povećanja armature ne bi bili u srazmjeru s povećanjem vrijednosti energije, kad ne bi bilo pukotina.

Betoniranje posljednjih spojnica ranije nego što je projektom predviđeno izvršeno je na izričiti zahtjev investitora, da bi se moglo ranije ići u pogon, iako je investitor bio upozoren, da se na taj način pogoduje stvaranju pukotina i da će zbog toga biti i nešto veći gubici vode. Dakle, pukotine ni u uzrokovale odlaganje početka rada elektrane, kako to drži ing. Martinis, nego čak obratno, time što su one u stanovitoj mjeri dopuštene i uzete u račun, omogućeno je znatno ranije puštanje u pogon čitavog objekta.

Kao glavne faktore, koji mogu uzrokovati vlačna naprezanja u smjeru osi cijevi, Ing. M. navodi:

a) kontrakcija betona uslijed deformacije u smjeru prstena,

b) deformacije uslijed sniženja temperature cijevi,

c) stezanje betona.

Za svaki od ovih utjecaja izračunao je skraćenje sekcije od 35 m dužine u slučaju da pomicanje nije ničim spriječeno i veličinu uzdužne sile za slučaj da je svako pomicanje potpuno onemogućeno. Ovako dobivene rezultate Ing. M. u svom daljnjem izlaganju nije upotrebio, pa nije jasno ni zbog čega su izračunati. Zbog toga, a i zbog kratkoće ovih primjedaba, neću ih ovdje komentirati.

Dalje Ing. M. navodi, da se slobodnoj deformaciji cijevi suprotstavlja trenje na podlozi, sa strane i na sastavima cijevi, i računa veličinu tog trenja. Treba primijetiti da je trenje između cijevi i nasipane zemlje sa strane i gore kod tako malih pomaka u najmanju ruku vrlo problematično. Račun trenja na sastavcima nema smisla, jer se na sastavcima uzdužne armature susjednih sekcija preklapaju pa je, nakon što su sastavci izbetonirani, armatura ta koja sprečava pomicanje, a ne trenje.

Kao što je u članku navedeno, cijev je u prvom stadiju izvedena u sekcijama dužine 35 m. Poznato je, da je stezanje betona najintenzivnije u prvo vrijeme (oko 70% ukupnog stezanja u prva 2 mjeseca). Zbog toga su spojevi bili izvedeni određeno vrijeme nakon betoniranja cijevi, sa svrhom da se najveći dio stezanja eliminira kao uzročnik naprezanja.

U stadiju prije betoniranja spojeva može djelovati samo trenje između cijevi i izolacionog sloja, i to samo u veličini težina cijevi pomnožena sa koeficijentom trenja (težina vode u cijevi i nasipa zemlje na cijevi još ne djeluje). Prema tomu bi ukupna sila trenja mogla iznositi $T_s = 6{,}53 \times 0{,}3 \times 35/2 = 34$ t (a ne 196 t prema računu Ing. M.). Odgovarajuće vlačno naprezanje iznosi oko 1,4 kg/cm² (prema 8,2 kg/cm² po Ing. M.).

Budući da se sumiraju sile trenja, koje djeluju po čitavoj dužini cijevi, a pretpostavlja se da krajevi cijevi kližu prema sredini, to ova sila u svakom slučaju može djelovati samo u sredini sekcije, a nikako kod sastavaka. Netočna je i pogrešno argumentirana tvrdnja Ing. M., da u sredini sekcije ne može biti naprezanja, »jer sredina nema trenja«, dok se prema krajevima »trenje sumira« i time nastaju sve veća vlačna naprezanja. Baš obratno, ako cijev kliže od krajeva sekcije prema sredini (prema pretpostavci Ing. M.), evidentno je, da će najveća sila nastupiti u sredini sekcije kao suma svih sila trenja jedne polovice sekcije.

Nakon što je izvršeno betoniranje spojeva, ne može više trenje doći u obzir kao uzročnik uzdužnih sila, jer uzdužna armatura, koja je na spojevima preklopljena, sprečava slobodno pomicanje krajeva.

Ing. M. drži, da bi uzdužna armatura trebala biti dimenzionirana tako, da ona može preuzeti ukupnu silu trenja pojedine sekcije. Mislim da trenje nije mjerodavno za dimenzioniranje armature s ovog razloga: izračunata sila od 196,6 t mogla bi nastupiti jedino u sredini sekcije, ako krajevi sekcije kližu prema sredini i ako na krajevima uzdužna armatura nema veze s armaturom susjednih sekcija, nego djeluje samo trenje između cijevi i spojnice. To kod našeg cijevnog voda nije slučaj, pa prema tomu ni račun armoture kako ga navodi Ing. M. nije ispravan. Osim toga, račun Ing. M. važio bi samo za sredinu sekcije, a pokazalo se, da se u sredini nisu pojavile pukotine, dakle je armiranje bilo dovoljno.

Prema tome pukotine koje su nastale na krajevima ni u kom slučaju ne mogu biti posljedica sile trenja kao što tvrdi Ing. M. One su najvjerojatnije nastale kao posljedica skraćivanja betona uslijed sniženja temperature. Nastale su na krajevima sekcije, jer je tu beton prekinut zbog kasnijeg betoniranja spojnica, pa nije mogao preuzeti vlačna naprezanja.

U konačnoj fazi je zbog preklopa na sastavcima uzdužna armatura kontinuirana za cio cijevni vod. Stezanje betona je obavljeno najvećim dijelom u prvoj fazi, kada su sekcije bile slobodne. Kao glavni uzrok uzdužne sile preostaje nam u konačnoj fazi skraćivanje uslijed sniženja temperature. U ovom bi se slučaju beton i željezo zajedno skraćivali, a budući da je ovo skraćivanje nemoguće zbog konstantne dužine cijelog cijevnog voda, to nastaju odgovarajuća naprezanja $\sigma = E \times \alpha \times \Delta$ t. Tamo gdje ova naprezanja za beton prekorače njegovu vlačnu čvrstoću, nastat će pukotina. To je slučaj na sastavcima, gdje su radne reške u betonu. Naprezanje, koje nastaje u željezu na mjestu ovakve pukotine, praktički se ne može odrediti, jer ono ovisi među ostalim i o širini pukotine same. Sasvim je logično, da se na takvim mjestima, gdje beton nema gotovo nikakve vlačne čvrstoće, ne može spriječiti nastajanje pukotina u betonu, ako želimo ostati u granicama ekonomije što se tiče armature.

U pogledu ponašanja armature kod stezanja betona nemam ništa dodati izlaganjima u samom članku.

U članku je izračunato naprezanje u željezu kod pojave pukotina od 7500 kg/cm² pod određenim pretpostavkama samo kao hipotetička vrijednost, da bi se dobio red veličine i da se pokaže, kako se ekonomičnom armaturom ne može preuzeti uzdužna sila u cijevnom vodu. Uspoređivanje sa savijanom gredom (prema Ing. M.) ovdje nije na mjestu već i zato, jer procenat armiranja ima drugo značenje kod elemenata napregnutih samo na vlak nego kod elemenata napregnutih na savijanje. Da bi se dobila donekle upotrebiva usporedba, trebalo bi kod savijanja odrediti procenat armiranja uzevši u obzir samo dio presjeka, koji radi na vlak.

Inače se slažem sa Ing. M., da kod ovakvih objekata treba najveću pažnju posvetiti kvalitetnoj izvedbi, i da izvedba ovakvih objekata zahtijeva određeno vrijeme, koje se bez štete po sam objekt ne može skratiti.

Propisi

PREGLED POŽARNO PREVENTIVNIH PROPISA U GRAĐEVINARSTVU I NEKOLIKO UPUTA KOD PROJEKTIRANJA

Ing. Gogolja Dražen, Zagreb

Požarna preventiva vrlo je rasprostranjeno tehničko djelovanje, koje zahvaća sva područja ljudskog djelovanja gdje god bi moglo doći do požara. Ako bismo htjeli predočiti opseg tog djelovanja, tada je dovoljno da bar letimice razmotrimo, koji su sve uzročnici požara. Kao najčešći uzročnici požara pojavljuju se neoprez, nesretni slučaj, hotimično uzrokovanje požara, tehnički nedostaci kao: manjkavi ložišni uređaji, loši dimovodni kanali, loše toplinske izolacije, razni gorivi sastavni dijelovi zgrada nedovoljno izolirani od toplinskih izvora, loše električne, plinske i druge instalacije, zatim uzroci požara koji se temelje na osebinama nekih materijala, da inkliniraju na samoupalu bilo uslijed djelovanja kemijskih reakcija bilo uslijed bakteriološkog djelovanja. Kako vidimo, uzročnika požara imade skoro nebrojeno. Da se uzmogne ipak uvesti neka sistematika u to područje, požarno-preventivne mjere, s kojima se moramo prvenstveno boriti protiv požara, svrstavamo u dvije glavne grupe, i to:

1. građevinske požarno-preventivne mjere,
2. pogonske požarno-preventivne mjere.

U slučaju kada i usprkos svih predviđenih požarno-preventivnih mjera dođe do požara, stupa u akciju operativa. Operativa se pojavljuje u prvom redu u obliku samozaštite, odnosno u vidu početnog gašenja. Težište treba postaviti baš na početno gašenje zbog toga, jer se samo u takovom kolektivu može uspješno boriti protiv požara, gdje je svaki pojedinac upućen u požarne opasnosti i gdje je svaki u stanju da nastali požar već u zametku uguši.

Ukoliko ne uspije ugušiti požar u njegovu začetku, taad se požar proširuje, zahvaća sve veća područja, dobiva sve veću snagu, i tada su redovito potrebne i jače snage da mu se suprotstave: vatrogasna jedinica.

Treći dio djelotvornog gašenja pojavljuje se u vidu automatskih uređaja za gašenje. To su sprinkler i drenčer uređaji. Ti uređaji tako su konstruirani, da kod stanovite visine temperature počinju gasiti bez ičije pomoći. Kao nadopunu tim uređajima spominjemo dojavne uređaje, koji alarmiraju čim temperatura dosegne stanovitu visinu.

Vatrogasna služba potpada zajedno sa službom PAZ u djelokrug Državnog sekretarijata za unutrašnje poslove.

Međutim, zakonodavac je u nekoliko navrata uspostavio kontakt službe PAZ i vatrogastva sa građevinarstvom.

Uredba o građevinskom projektiranju (Službeni list FNRJ 12/1953) propisuje, da u komisiju za reviziju projekata ulazi i predstavnik PAZ.

Uredba o izradi i odobrenju investicionog programa (Službeni list FNRJ broj 5/1954) propisuje, da u komisiji za reviziju investicionog programa učestvuje i predstavnik republičkog državnog sekretarijata za unutrašnje poslove. Predstavnici navedeni u spomenutom tekstu mogu stavljati primjedbe u pogledu uže i šire lokacije objekta.

Investicioni program mora među inim sadržavati:

analizu tehnološkog procesa,
analizu šire i uže lokacije,
grafički prikaz šire i uže lokacije.

Navedeni prilozi jesu elementi, koji služe za bazu prosuđivanja efikasnosti predložene lokacije i programa sa stanovišta požarne preventive.

Izmjene i dopune Uredbe o građenju (Službeni list FNRJ broj 5/1954) određuju sastav komisije za pregled izvedenog građevinskog objekta i predviđaju, da u sastav te komisije ulazi i predstavnik organa unutrašnjih poslova.

Međutim, služba PAZ i vatrogastva imade svoje specifične propise, kojima je reguliran rad tih služba, pa će biti svakako korisno, da ih poznaju tehnički stručnjaci odnosno sveukupno tehničko osoblje, to više, jer ti propisi tangiraju skoro sve tehničke struke.

Osnovni propis koji regulira pitanje provađanja požarne preventive jeste Obavezno uputstvo o službi obrane od požara (Službeni list FNRJ broj 14/1946), zatim Uredba o požarno-preventivnim mjerama objelodanjena u Narodnim novinama NRH broj 7/1949. godine.

Obavezno uputstvo propisuje u čl. 1.: Služba obrane od požara obuhvaća požarno-preventivne mjere (mjere za sprečavanje požara) i mjere za gašenje požara. U čl. 2. kaže se: Požarno-preventivne mjere obuhvaćaju sve one radnje, koje se poduzimaju i provode da bi se spriječila mogućnost pojave požara. Ove se mjere dijelom predviđaju raznim propisima (kao na pr. građevinskim propisima, propisima o prijevozu, smještaju i čuvanju lako zapaljivog i eksplozivnog materijala, propisima za električne instalacije i uređaje, propisima o gromobranima, propisima o čišćenju dimnjaka), a dijelom se određuju ili uopće prema potrebama i prilikama, ili konkretno u pojedinim određenim slučajevima (kod izvjesnih poduzeća, ustanova, javnih lokala, kazališta, kinematografa, koncertnih dvorana i t. d.).

Uredba o požarno-preventivnim mjerama propisuje u čl. 1.: Rukovodioci poduzeća, zavoda i ustanova, sve u njima zaposlene osobe, kao i svaka druga osoba, koja se u poduzeću, zavodu ili ustanovi zadržava, dužni su pridržavati se svih mjera propisanih za sprečavanje požara.

Čl. 2. govori: U svrhu sprečavanja požara u pojedinim vrstama poduzeća, zavoda i ustanova te pojedinim vrstama stambenih i gospodarskih zgrada ministar unutrašnjih poslova u suglasnosti s nadležnim članom Vlade može obaveznim uputstvima propisivati posebne požarno-preventivne mjere:

Čl. 3. Uredbe glasi: Odsjek (odjel) unutrašnjih poslova pri izvršnom odboru kotarskog (gradskog) narodnog odbora može svojim rješenjem odrediti, da se u pojedinom konkretnom slučaju imaju poduzeti ove posebne požarno preventivne mjere:

1. uklanjanje lako zapaljivih ili eksplozivnih predmeta iz objekata, koji nisu podesni za smještaj takovih predmeta;
2. preudešavanje odnosno demontiranje strojeva, instalacija, peći i sl., od kojih prijeti opasnost za izazivanje požara;
3. izvršenje dogradnja, pregradnja i drugih adaptacija na objektima u svrhu sprečavanja požara;
4. zabrana upotrebe objekata ili prostorija, ukoliko se njihovim preudešavanjem ne može ukloniti opasnost od požara;
5. zabrana pušenja, loženja otvorene vatre, upotreba svjetiljaka s otvorenim plamenom na određenim mjestima;
6. poduzimanje zaštitnih mjera protiv ubacivanja izvana predmeta, koji mogu prouzočiti požar;
7. uvođenje stalnog nadzora nad kretanjem osoba na mjestima gdje su smješteni eksplozivni ili lako zapaljivi predmeti;
8. izdavanje odredaba za smještaj sirovina, poluprerađevina i prerađevina u industrijskim poduzećima;
9. osiguranje dovoljnih količina vode ili drugog materijala (zemlje, pijeska) za gašenje požara kao i nabava vatrogasnih sprava i pribora odnosno ručnih vatrogasnih aparata;
10. uklanjanje zapreka, koje bi u slučaju požara smetale spašavanju ljudi i imovine ili kretanju i upotrebi vatrogasnih vozila i sprava.

Osim mjera navedenih u prednjoj stavci, mogu se rješenjem nadležnog odsjeka (odjela) unutrašnjih poslova odrediti i druge potrebne mjere za uklanjanje opasnosti od požara.

Nadalje postoje propisi koji se odnose na požarnu preventivu i kojima se propisuje način izgradnje kao i rukovanje u specijalnim slučajevima, i to:

Osnovna uredba o prometu sa zapaljivim tekućinama (Službeni list FNRJ broj 58/1948).

Na temelju navedene Osnovne uredbe izdana je Naredba o izgradnji magazina za držanje zapaljivih tekućina. Prema navedenim propisima magazini i tenkovi za smještaj i držanje zapaljivih tekućina mogu se podizati na mjestima i po planovima koje odobri odsjek odnosno odjel unutrašnjih poslova pri izvršnom odboru kotarskog odnosno gradskog narodnog odbora, pored toga mora se pribaviti i odobrenje nadležnih organa po postojećim građevinskim propisima.

Međutim, zapaljive tekućine u količinama većim od stanovite mjere, točno određene u navedenim propisima te iste Naredbe, t. j. u neograničenim količinama, moraju se podizati na mjestima (uža lokacija) kao i po planovima, koje odobravaju osim nadležnih organa po postojećim propisima Ministarstvo narodne odbrane i Ministar unutrašnjih poslova FNRJ.

Prema tome, u svakom slučaju gdje se želi tražiti odobrenje lokacije kao i odobrenje planova za izgradnju magazina za držanje zapaljivih tekućina, potrebno je da se dobije prvenstveno oodbrenje organa unutrašnjih poslova, a zatim potrebna odobrenja organa po građevinskim propisima, a ukoliko su potrebna odobrenja i Ministarstva narodne obrane, tada moraju biti i takova prethodno dobivena.

U vezi sa zapaljivim tekućinama postoje još i ovi propisi:

Naredba o držanju i čuvanju zapaljivih tekućina u industrijskim i drugim poduzećima (Narodne novine broj 71/1949).

Naredba o držanju i smještaju zapaljivih tekućina (Narodne novine NRH broj 57/1950), gdje se govori o držanju zapaljivih tekućina u laboratorijima, ljekarnicama, zanatskim radionicama, stanovima i sl.

Zatim postoji Pravilnik o transportu zapaljivih tekućina na putevima javnog saobraćaja (Službeni list FNRJ broj 47/ 1949).

U vezi sa izgradnjom skladišta za držanje eksploziva kao i za proizvodnju i manipulaciju sa eksplozivom postoji Uredba o prometu vatrenim oružjem, municijom i eksplozivnim sredstvima (Službeni list FNRJ broj 5/1952).

Prema toj Uredbi magazini za držanje municije i eksplozivnih sredstava mogu se podizati samo izvan naseljenih mjesta. Mjesto na kome će se podići magazin za držanje municije i eksplozivnih sredstava određuje predsjednik Savjeta za građevinske i komunalne poslove Vlade narodne republike u sporazumu sa ministrom unutrašnjih poslova narodne republike i nadležnom komandom vojne oblasti.

Pitanje požarno-preventivnih i sigurnosnih propisa i kinematografima regulirano je Pravilnikom o unutrašnjem uređenju bioskopa (Službeni list FNRJ broj 45/1950 — Prilog br. 8).

Navedeni propisi su oni koji spadaju prvenstveno u nadležnost organa unutrašnjih poslova. Međutim, imade još i drugih propisa, koji govore o požarno-preventivnim mjerama kao:

Za područje grada Zagreba: Kućni red za stambene zgrade iz područja grada Zagreba (Narodne novine NRH broj 114/1946). Taj propis moći se korisno poslužiti ostalim gradovima i mjestima, koja još nemaju takove propise.

Opći pravilnik o higijenskim i tehničkim zaštitnim mjerama (Službeni list FNRJ broj 16/1947).

Pravilnik o zaštitnim mjerama protiv opasnosti od električne struje u radnim prostorijama i radilištima (Službeni list FNRJ broj 107/1947).

Zakon o prekršajima protiv javnog reda i mira (Narodne novine NRH broj 29/1947).

Uredba o dimnjačarskoj službi (Narodne novine NRH broj 79/1947).

Obavezno uputstvo o požarno-preventivnim mjerama u drvnoj industriji (Narodne novine NRH broj 79/1947).

Pravilnik o higijenskim i tehničkim zaštitnim mjerama pri radu kod proizvodnje baruta i eksploziva.

Osim navedenih postoje još i naročiti propisi za građevinarstvo, industriju kože, grafička poduzeća, industriju stakla, kamenolome, ciglane, kudeljare, poljoprivredu, šumarstvo, pomorstvo i brodarstvo, rudarstvo, koji govore o požarno-preventivnim mjerama.

Kako se iz gornjega vidi, danas postoje već u priličnoj mjeri požarno-preventivni propisi, no oni još uvijek imaju praznina, koje treba obuhvatiti.

Međutim iako nema još svih požarno-preventivnih propisa koji će se morati svakako s vremenom donijeti, tehničko stručno osoblje moći će se ipak pravilno snalaziti i donositi svoje odluke, ako se budu upravljalo po općenitim pravilima tehničke nauke, a gledajući na ta pravila sa stanovišta požarne preventive. Zbog toga upoznat ćemo se s tim pravilima požarne preventive.

Lokacija. Kod razmatranja o prikladnosti neke lokacije odlučuje nekoliko faktora. Prvo objekti moraju biti međusobno na dovoljnoj udaljenosti, da se ne može prenijeti požar s jednog objekta na drugi, a u slučaju eksplozije da snaga eskplozije ne može oštetiti okolne objekte. Nadalje lokacija ovisi o izboru materijala od kojeg se namjerava objekat sagraditi. Materijale prema njihovij otpornosti prema požaru razlikujemo: gorivi materijali, koji ne mogu odoljevati požaru, zatim vatrootporne konstrukcije i materijali, koji mogu odolijevati požaru kroz vrijeme od najmanje $^1/_2$ sata (na pr. drveni strop sa ožbukanim podgledom), zatım vatrostalni materijali i konstrukcije koji mogu odoljevati požaru najmanje 2 sata .Ako se želi sagraditi objekte od gorivog materijala, tada mora biti njihova razdaljina po prilici tri puta veća nego što je to potrebno po općim higijensko-tehničkim načelima. Poznato je, da prema općim higijensko-tehničkim načelima razdaljina između dva objekta mora biti najmanje tolika, da zraka svijetla upada u prostorije najdonjeg sprata pod kutom od 45 stepeni. To bi, na pr. za prizemnu zgradu bila dovoljna razdaljina 3-4 metra. Na prema načelima požarne preventive takova razdaljina mora u takovom slučaju iznositi 9 do 12 metara.

Dalje je kod određivanja lokacije odlučno, da li postoje još kakove naročite okolnosti za prenošenje požara s objekta na objekt s obzirom na to, što će se pohranjivati u objektu. Ako je neki objekat sagrađen i od vatrostalnog materijala, a u njemu se nalazi na pr. skladište zapaljivih tekućina, upaljivih filmova, boce sa komprimranim plinovima, eksploziv i sl., tada će udaljenost trebati odrediti prema naročitim karakteristikama sadržaja, koji se želi u objektu pohraniti.

Objekti moraju biti pristupačni po mogućnosti sa sviju strana, da se može prići k njima u svrhu spasavanja i gašenja požara. Kod važnijih objekata mora prema tome i teren oko objekata biti tako uređen, da se mogu po njemu kretati vatrogasni strojevi za gašenje i spasavanje.

Dalje, što se tiče izbora materijala, postoji nezgodna praksa, da se, na pr, u drvnoj industriji grade objek pretežno od drveta, iako je baš drvna industrija jedna od najopasnijih sa gledišta požarne preventive, dok, na primjer, u industriji cementa, gdje tako reći nema skoro ništa što bi moglo gorjeti, izgrađuju se objekti od betona i armiranog betona ,kao vatrostalni. Takav način gradnje predstavlja stanovitu lakšu proceduru oko izgradnje objekata, no sa gledišta zajednice ne predstavlja nikakovu uštedu, već, naprotiv, stalno izvrgavanje objekata razornom učinku požara.

I mnoge objekte opće arhitekture treba promatrati s naročitom pažnjom sa gledišta požarne preventive.

Škole, bolnice, velike dvorane za skupštine, koncerte, zabave isl., zatim kina, kazališta potrebno je promatrati kako obzirom na požarnu opasnost tako još i više na opasnost panike. U takovim slučajevima nije težište u tome, da bi objekat postao žrtvom požara, već je težište u tome, da ne dođe čak ni do najmanjeg požara, zbog kojega bi moglo doći do panike. Tako, na pr., prilikom požara bolnice u Gospiću prošle godine, požar bi se mogao ugasiti bez nekih naročitih poteškoća pod normalnim okolnostima. Međutim, uslijed raznih okolnosti došlo je do zbrke, panike, a kroz to i do suvišnog i beskorisnog uništavanja skupocjenih bolničkih uređaja; među bolesnicima nastao je užas, pa su bolesnici tako reći s operacionog stola iznošeni napolje na snijeg.

Kod industrijskih objekata treba promatrati tri glavne faze, i to transport, proizvodnju i uskladištenje. Svaka od ovih faza nosi u sebi neke svoje specifične opasnosti.

Međutim, kod industrijskih objekata treba posvetiti naročitu pažnju opremi i unutrašnjem uređenju. Kod toga je potrebno da surađuju strojarski i elektrostručnjak kao i kemičar zajedno sa stručnjakom za požarnu preventivu.

Za objekte s naročitom opasnošću za okolinu, kao što su skladišta zapaljivih tekućina, skladišta eksploziva, komprimiranih plinova i kemikalija, treba prilikom traženja potrebne dokumentacije za građenje navesti, o kojoj se vrsti i u kojim količinama materija radi, jer baš o vrsti i količini zavise požarno-preventivne mjere, kao i lokacija.

Kod razmatranja požarne sigurnosti u nekom konkretnom objektu treba ustanoviti, na koji bi se način mogao požar proširiti u vodoravnom smjeru, a na koji opet način u vertikalnom smjeru.

Ukoliko bi neki objekat i bio sagrađen od isključivo vatrostalnih materijala, to još uvijek ne znači, da je takav objekat i sa gledišta požarne preventive smatran vatrostalnim. Vatrostalnost ovisi u takovom slučaju o tome, na koji su načjn izvedeni na pr. stepenice, liftovi, instalacioni vodovi i kanali, svjetlici, vrata, prozori, transmisije, transporteri, što sve prekida homogenost konstrukcije i umanjuje njenu vatrostalnu vrijednost

Posebnu pažnju treba posvetiti ložišnim uređajima i dimovodnim kanalima. Ta je pažnja jednako potrebna kod projektiranja kao i prilikom izvedbe. Iako su to u većini slučajeva opće poznata znanja, ipak se u tome još uvjiek mnogo griješi, a naročito prilikom izvedbe, i to je jedan od najčešćih uzroka požara.

Kod izgradnje provizornih objekata kao što su barake, čuvarske kućice i sl., koji se izgrađuju od drveta, najvažnije je očuvati se od požara, jer ovakove objekte je vrlo teško spasiti od potpunog uništenja s obzirom na brzo širenje vatre u njima. Kod izgradnje takovog objekta treba svakako imati u vidu njegovu slabu otpornost prema požaru i laku mogućnost zapaljenja, pa treba dobro razmisliti, da li je uopće efikasno graditi objekat na takav način s obzirom na eventualno veliku vrijednost sadržaja, koji se namjerava u njemu pohraniti.

U vezi s operativnom vatrogasnom službom treba promatrati objekte sa gledišta mogućnosti spašavanja ljudi u slučaju požara ili nesreće i mogućnosti pristupa vatrogascima. U tu svrhu se izgrađuju nužni izlazi s naročitim stepenicama ili ljestvama u tu svrhu.

Takovi izlazi, stepenice i ljestve moraju biti tako izvedeni, da ne bude ugrožen pristup k njima i da se ljudi mogu na siguran način služiti njima, t. j. da su snabdjeveni potrebnim ogradama, rukohvatima i sl. te da nisu u blizini odnosno iznad otvora kroz koje bi mogao plamen, dim i vrućina ugroziti slobodan prolaz.

U vezi s požarnom preventivom kod provizornih objekata svraća se pažnja čitaocima na stručni vatrogasni časopis naše republike »Savremeno vatrogastvo« broj 1—2 iz godine 1951.

Sve požarne preventivne mjere, koje provodimo u vrijeme mira, dobro dolaze i u ratu. Iskustvo prošlog rata pokazalo je, da je uspjelo sačuvati od požarnih katastrofa upravo one gradove, u kojima se za vrijeme mira solidno provodila požarna preventiva. Ako se sjetimo da prilikom bombardiranja pada na stotine hiljada požarnih bomba, i to često nakon razotkrivanja zgrada učinkom razornih bomba, tada je jasno, da samo pravovremena preventiva, koja se očitovala već kod određivanja lokacije i izbora vatrostalnih materijala, te podjela vatrobranim zidovima na požarne sektore može efikasno ublažiti razorno djelovanje požara. Prilikom bombardiranja Hamburga u noći od 27. na 28. srpnja 1943. poginulo je od djelovanja požara 60.000 ljudi. Naprotiv, ondje gdje je bila stručno i na vrijeme provedena požarna preventiva, a gdje su bombardiranja bila uglavnom jednako snažna kao i u Hamburgu, poginulo je daleko manje ljudi.

Kod nas je služba PAZ uvedena Uredbom o organizaciji službe protivavionske zaštite (Službeni list FNRJ broj 110/1948). Za izgradnju skloništa postoje upute, koje su u vidu knjižice razaslane Odjelima odnosno Upravama unutrašnjih poslova gradova i kotara, a i projektnim ustanovama na upotrebu. Osim navedenih uputa za izgradnju skloništa predsjednik Savjeta za industriju i građevinarstvo izdao je u sporazumu sa Ministrom unutrašnjih poslova Naredbu o izgradnji skloništa u novogradnjama, koja je i danas na snazi. Prema toj naredbi svaka novogradnja, koja se podiže u naseljenom mjestu, kao i usamljena novogradnja, koja može biti izvrgnuta napadu iz zraka, a u kojoj boravi ili radi najmanje 25 osoba, mora imati sklonište. Povjereništva unutrašnjih poslova odredit će, koje usamljene novogradnje moraju imati sklonište.

Iz inozemnih časopisa

NOVE PERSPEKTIVE ZA OPREMU HIDROELEKTRANA S MALIM PADOM

(Le Génie Civil, Paris, septembar 1954)

Stavljanje u pogon hidroelektrane Castet u Pirinejima (slika 1) obilježava pokušaj uvođenja novosti u koncepciju riječnih centrala s malim padom. Očekuje se, da će iskustva s ovom centralom biti od značaja i za razvitak postrojenja za iskorištenje morske plime i osjeke, za koja u Francuskoj vlada velik interes. U oba se slučaja javljaju slični problemi: kako iskoristiti snagu vode bez dovodnih kanala ili tunela, a uz što manje zakrčenje protočnog profila rijeke odn. morskog zaljeva (profil korita mora biti što slobodniji, da ne ometa proticanje velikih voda). Uslovi građenja zahtijevaju osim toga, da se montažni radovi na licu mjesta smanje na minimum.



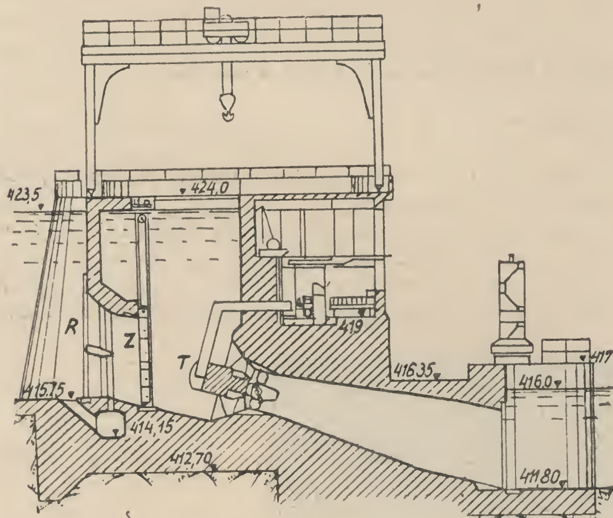
Slika 1 — *Opći izgled centrale*

Kod centrale Castet riješeni su problemi na osebujan način. Turbina i generatori su spojeni u jednu cjelinu, koja se kompletno sastavlja u fabrici, gotova dovozi na gradilište i postavlja na predviđeno mjesto (slike 2 i 3), a koja cijela dolazi pod vodu, kad je centrala u pogonu. Generator je smješten u nepropustan oklop, kutiju, koja se puni uljem pod lakšim pretlakom. Na taj način je osigurano da voda ne može ući u generator (u najgorem slučaju, ako se pojave

pukotine u oklopu, može se pojaviti neznatan gubitak ulja). Dimenzije generatora smanjene su na minimum; uslijed toga su Joulovi gubici (razvijanje toplote) razmjerno visoki. Ali kako je ulje skoro 16 puta bolji vodič toplote nego zrak, a kod pogona je cio turbogenerator uronjen u vodu, pitanje hlađenja generatora je riješeno na savršen način. Upuštanjem cijelog generatora u ulje riješeno je s uspjehom i pitanje podmazivanja. Treba spomenuti, da gubici od trenja i turbulencije ulja kod okretanja rotora nisu od velikog značenja (pošto broj okretaja nije velik, a promjer generatora je malen) i ne prekoračuju 2% od snage generatora ili su čak i manji. Ukupni efekt iskorištavanja je vrlo povoljan i iznosi oko 92%.

Kod centrale Castet iznosi pad vode 7 m. Postavljena su dva jednaka turbogeneratora. Svaka turbina ima 1100 KS, broj okretaja iznosi 254/min. Generator je asinhroni, trofazni, 810 kW, 500 V, 50 per/sec.

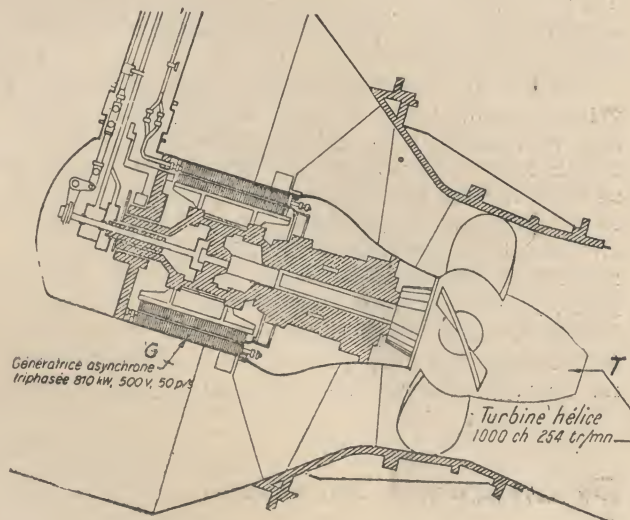
Kao što se vidi iz slika 2 i 3, dimenzije generatora i turbine su vrlo male. Ukupna težina turbogeneratora je više nego upola manja nego kod uobičajenih izvedbi, ali njegova cijena je dosta visoka (među ostalim i zbog toga, što se još ne proizvodi serijski). Zato su uštede na građevinskom dijelu vrlo velike (jer su



Slika 2 — *Poprečni presjek*
(R = rešetka, Z = zapornica, T = turbina)

centrala i brana najuže povezane). Trajanje montaže svedeno je na minimum i broji se na sate, a ne više na tjedne ili mjesece.

Veličina jedinica upotrebljenih kod centrale Castet (1100 KS) sretno je odabrana s obzirom na njen pionirski značaj. Dovoljno je velika, da bi se stekla iskustva za građenje većih jedinica u svrhe iskorištavanja energije mora, ali ne toliko velika, da ne bi mogla poslužiti kao uzor i za male centrale. Čini se, da će takav turbogenerator, spojen u jedan blok, naći korisnu primjenu u »mikrocentralama« za iskorištenje vode, koja je dosada otjecala energetski neiskorištena preko



Slika 3 — *Presjek kroz turbogenerator*
(G = generator, T = turbina)

brana podignutih u svrhe poljoprivrede ili plovidbe. Pad je ovdje redovno vrlo nizak, a naknadna ugradnja centrala klasičnog tipa komplicirana i skupa. Inženjeri biroa Neyrpic su došli na ideju, da u branu ugrade cijev u obliku sifona, u koju se smještavaju turbogeneratori tipa centrale Castet. Stavljanje u pogon tih turbina ne vrši se otvaranjem zapornica, već izazivanjem usisnog djelovanja (»povlačenjem«) sifona. Jedna takova centrala je montirana i radi već nekoliko mjeseci na potpuno zadovoljstvo.

B. P.

OBAVIJEST UREDNIŠTVA

Iz tehničkih razloga nije objavljen u ovom broju nastavak članka dr. ing. R. Kuševića: IZRAČUNAVANJE KONTINUIRANIH I OKVIRNIH SISTEMA NOSAČA POSTUPKOM POVEZANIH KRUTOSTI I POSTUPKOM STEPENA UKLJEŠTENJA, čiji je prvi dio odštampan u broju 5 Građevinara. Nastavak će izaći u idućim brojevima našeg časopisa.

Vlasnik i izdavač: Društvo građevinskih inženjera i tehničara Hrvatske. Glavni urednik: Ing. F. Simić. — Tisak: »Tipografija« grafičko-nakladni zavod, Zagreb.

SADRŽAJ

(abecednim redom autora)
Prva brojka označuje broj »Građevinara«, a druga stranicu

ČLANCI

STRUČNE DISKUSIJE

PROPISI U GRAĐEVINARSTVU

IZVJEŠTAJ O STRUČNIM PREDAVANJIMA

VIJESTI IZ PRIVREDE

BIBLIOGRAFIJA

IZ INOSTRANIH ČASOPISA

IZ DRUŠTVA GRAĐEVINSKIH INŽENJERA I TEHNIČARA NRH